

KONEOHJAUSTUKIASEMAN PERUSTAMINEN

Jussi Karjalainen

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Maanmittaustekniikan koulutusohjelma
Insinööri (AMK)

2016

Tekniikan ja liikenteen ala
Maanmittaustekniikan
Koulutusohjelma

Tekijä	Jussi Karjalainen	Vuosi	2016
Ohjaaja	Pasi Laurila		
Toimeksiantaja	Mitta Oy		
Työn nimi	Koneohjaustukiaseman perustaminen		
Sivu- ja liitemäärä	55 + 2		

Tämän insinöörityössä tarkoituksena on selvittää tukiaseman käyttämiseen liittyviä ongelmia koneohjauksessa. Ongelmatilanteet johtuvat usein siitä, että käytössä on usean eri laitevalmistajan laitteita. Insinöörityön tavoitteena on löytää ratkaisuja yleisimpiin yhteensovitusongelmiin, joita ilmenee tukiaseman korjausviestin lähettämisessä työkoneisiin.

Korjausviesti lähetetään tukiasemalta radiomodeemin välityksellä, ja joissakin tapauksissa radioyhteyden luominen voi aiheuttaa ongelmia. Lähetettävä korjausviesti muodostetaan tukiaseman paikanninyksikössä ja korjausviesti täytyy lähettää siinä muodossa, että työkoneen koneohjausjärjestelmä ymmärtää korjausviestin.

Insinöörityössä esitellään koneohjauksen kalustokokoonpano yleisellä tasolla ja satelliittipaikannuksen menetelmät. Esille myös nousee satelliittipaikannuksen tarkkuuteen vaikuttavia asioita ja siinä esiintyvien virheiden hallintaa. Työssä tarkastellaan myös laitevalmistajien välisiä eroja fyysisissä laitekokokoonpanoissa ja myös maanmittaustehtävissä toimivien henkilöiden kannalta. Loppuosassa esitellään toimenpiteet siitä, miten tukiasema laitetaan käyttökuntoon, radioyhteys muodostetaan ja toimenpiteet siitä, miten tarkastukset tehdään toimintakunnon varmistamiseksi.

Työn tulokset perustuvat kesällä 2015 eri työtehtävissä hankittuihin kokemuksiin sekä niiden työtehtävien yhteydessä suoritettuihin puhelinhaastatteluihin muun muassa laitevalmistajien edustajien kanssa.

Asiasanat

3D-koneohjaus, GNSS-tukiasema, koneohjaus, RTK-mittaus

Technology, Communication and
Transportation
Degree Programme of Land Surveying

Author	Jussi Karjalainen	Year	2016
Supervisor	Pasi Laurila		
Commissioned by	Mitta Oy		
Subject of thesis	Deployment of Machine Control Base Station		
Number of pages	55 + 2		

The purpose of this final year project was to study problems that are related to base station usage with a machine control system. The problematic situations are usually due to the fact that there is more than one equipment manufacturer in the field at the same time. The goals of this final year project was to find out solutions to most common compatibility problems, when correction message has been sent from the base station to the machine control system.

The correction message is sent from the base station via the radio modem and in some cases there might be problems to create a radio connection. The correction message to be sent is formed by the receiver unit of the base station and the message must be sent in a specific format and using a particular protocol, so that machine control system can understand it. The equipment of the machine control system were introduced at a general level in this thesis. In addition, the satellite positioning methods were discussed. The facts affecting the accuracy of the satellite positioning and the error management were also discussed. This study examined what physical differences there are between the equipment manufactures and on the other hand what are differences from the user point of view. The last part of the thesis presented how to set up the base station, how to establish the radio connections, how make sure that ensure the full functionality.

The results of this final year project are mainly based on experiences in the various work tasks in the summer 2015, but also on the phone calls and the interviews with the experts.

Key words 3D machine control, GNSS base station, machine control, RTK measurement

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	9
2	3D-KONEOHJAUS	11
2.1	Koneohjaus ja sen kehitys	11
2.2	Koneohjausjärjestelmien kalusto ja toimintaperiaate	12
2.2.1	Kalusto ja toimintaperiaate	12
2.2.2	Sisäinen orientointi	14
2.3	Takymetri koneohjauksessa	15
2.4	Satelliittipaikannus koneohjauksessa	16
2.4.1	GNSS-paikannus yleisesti	16
2.4.2	GNSS-paikannuksen tarkkuus ja virheet	18
2.4.3	GNSS-paikannuksen mittaustavat	20
2.4.4	GNSS-paikannus koneohjauksessa	22
3	KONEOHJAUSJÄRJESTELMIEN LAITEVALMISTAJAT	24
3.1	Käytettävyys tuotekehityksen suuntana	24
3.2	Tukiasemat	24
3.3	Koneohjausjärjestelmät työkoneissa	26
3.4	Kehityksen suunta	27
4	TUKIASEMAT KONEOHJAUKSESSA	29
4.1	Tukiaseman perustaminen	29
4.1.1	Tukiasema tunnetulle pisteelle	31
4.1.2	Paikanninyksikön asetukset	32
4.1.3	Kokemus epäselvästä tukiasemakorosta	35
4.2	Radioyhteys korjausviestille	35
4.2.1	Lähetystaajuuden valinta	36
4.2.2	Radion konfigurointi	37
4.2.3	TrimTalk modulaatio	38
4.2.4	Lähetys- ja vastaanotto-osoitteet	41
4.2.5	GNSS-järjestelmä laajentumassa	42
4.2.6	Kilpailua taajuuksilla	43
4.3	Koneohjausjärjestelmän asetukset	44
5	YHTEENVETO	49
	LÄHTEET	52

LIITTEET	55
----------------	----

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

bps	Lyhenne englanninkielisistä sanoista bits per second ja tarkoittaa lähetysnopeutta eli kuinka monta bittiä voidaan lähettää yhden sekunnin kuluessa.
C/A-koodi	Salaamaton koodi, joka moduloidaan GPS signaalin kantaaltoon.
CMR+	Trimblen alkuperäisesti määrittelemä lähetysprotokolla RTK-mittauksen korjausviestin lähettämiseksi. (RTK Standards 2015).
ETRS-GK	Suorakulmainen koordinaatisto, joka perustuu Gauss-Krügerin projektioon ja sitä käytetään ETRS89-järjestelmää sovellettaessa.
Fixed-tila	RTK-mittaustavassa liikkuvan paikantimen tila, jossa alkutuntemattomat eli satelliittien lähettämien signaalien kokonaisten aallonpituuksien määrä on ratkaistu.
Galileo	Rakenteilla oleva Euroopan Unionin ja Euroopan avaruusjärjestön hanke, jonka tavoitteena on eurooppalainen version maailmanlaajuisesta satelliittipaikannusjärjestelmästä.
Geoidi	Merenpinnan keskivedenkorkeuden vertailupinta, joka edustaa maan painovoiman tasa-arvopintaa ja sen jatkeesta maa-alueilla.
Glonass	Venäläisten ylläpitämä maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä.

GNSS	Maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä, johon kuuluvat tällä hetkellä GPS ja Glonass satelliittipaikannusjärjestelmät. Lyhenne tulee sanoista Global Navigation Satellite System.
GPS	Yhdysvaltaisten ylläpitämä maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä.
Inkлинаatiokulma	On satelliitin lentoradan ja päiväntasaajan välisen kulman suuruus.
MSM	Lyhenne englanninkielisistä sanoista Multible Signal Messages. MSM on uusi standardisoitu RTCM tyyppinen viestimuoto, joka mahdollistaa kehitteillä olevien satelliittipaikannusjärjestelmien havaintojen lähettämisen muun muassa RTK-mittauksissa. (RTCM Paper 2013, 1).
P-koodi	Sotilaskäyttöön tarkoitettu koodi, joka on moduloitu GPS signaalin kantoaaltoon.
RTCM-3	RTCM-3 on standardoitu lähetysprotokolla, jonka puitteissa on mahdollista lähettää RTK-mittauksen korjausviestiä määrättyjä viestejä käyttäen. (RTK Standards 2015).
RTK	Lyhenne tulee englanninkielisistä sanoista Real Time Kinematic, joka tarkoittaa reaaliaikaista kinemaattista suhteellista mittausmenetelmää tukiaseman suhteen satelliittipaikannuksessa.

SmartNet	Kaupallinen verkko-RTK-mittaustavan tukiasemaverkko, joka tuottaa suhteellisessa mittaustavassa vaadittavaa korjausta tilaajalle.
TrimTalk	Trimble Navigation Ltd:n tavaramerkki ja sitä käytetään Pacific Crest radiomodeemeissa modulaatiomenetelmänä. (Satel Oy 2011, 31).
Verkko-RTK	Kehittynyt RTK mittaustapa, jossa suhteellinen mittaus suoritetaan tunnetulle pisteelle perustetun tukiaseman sijaan kaupallisen tukiasemaverkon tarjoamaan korjaukseen.
Vertailuellipsoidi	Pyörähdysellipsoidi, joka kuvaan matemaattisesti maan muotoa.
VRS	On lyhenne englanninkielisistä sanoista Virtual Reference Station ja se kaupallinen verkko-RTK-mittaustavan menetelmä tuottaa tilaajalle suhteellisessa mittauksessa vaadittava korjaus.
WGS84	World Geodetic System 1984 on geosentrinen suorakulmainen koordinaattijärjestelmä, jota käytetään GNSS-paikannuksessa (Laurila 2012, 160).

1 JOHDANTO

Koneohjaus on yleistynyt viimeisten vuosien aikana erityisesti maanrakentamishankkeissa. Useissa hankkeissa vaaditaan koneohjausjärjestelmien käyttämistä urakoitsijoilta. Satelliittipaikannukseen perustuva koneohjaus edellyttää riittävän tarkkuuden saamiseksi suhteellisen mittaustavan käyttöä, joka voidaan toteuttaa RTK tai verkko-RTK-mittausmenetelmillä.

Verkko-RTK-mittaus on varsin vaivaton tapa koneohjauksessa, mutta ei kuitenkaan täysin ongelmaton. On myös havaittu, että usein urakoille esitetyt vaatimukset, eivät määrittele verkko-RTK-mittaustavan valmiutta eli urakoitsijoilla ei useinkaan ole hankittuna verkko-RTK-palvelua koneohjausjärjestelmissään. Muun muassa edellä mainitusta syystä johtuen, on varsin yleistä, että maanrakennustyömaalla on käytössä RTK-mittausmenetelmä, joka perustuu verkko-RTK-mittauksen sijaan tukiaseman käyttämiseen.

Tässä työssä tutkitaan koneohjauksessa käytettävien tukiasemien käyttökuntoon laittamiseen liittyviä asioita ja siihen liittyviä mahdollisia ongelmatilanteita. On havaittu, että nopeasti kehittyvät koneohjausjärjestelmät aiheuttavat ongelmia tukiasemien käyttämisessä. Useat laitevalmistajat sekä niiden koneohjausjärjestelmien kehitysversiot asettavat tukiasemien kanssa työskenteleville usein haasteita koneohjausjärjestelmän toimintakuntoon laittamisessa. Kenties suurin haaste muodostuu usean eri laitevalmistajan laitteiden yhteensovittamisessa, koska laitevalmistajilla on näkemyseroja asioiden toteuttamisessa.

Työssä keskeiseksi aiheiksi nousee esille satelliittipaikannustekniikka ja sen soveltaminen koneohjauksessa erityisesti RTK-mittaustavan näkökulmasta. Työssä tutustutaan Suomessa yleisimpien laitevalmistajien laitteisiin ja niissä havaittaviin eroavaisuuksiin niin kalustokokoonpanoa silmällä pitäen kuin myös niiden konfigurointia ajatellen. Lisäksi keskeisenä aiheena on radioyhteyden muodostamiseen tukiaseman ja koneohjausjärjestelmän välille. Radioyhteyden muodostamisessa merkittävimmät seikat ovat yhteensopivat radioasetukset sekä

viestimuodot. Lopuksi työssä tarkastellaan Suomessa yleisimpien koneohjausjärjestelmien eroavaisuuksia ja niitä seikkoja jotka on syytä tarkistaa ainakin niissä tilanteissa, joissa toimintakuntoa ei ole helposti saavutettavissa.

Kokonaisuudessaan tässä työssä pureudutaan koneohjaustukiaseman käyttökuntoon laittamiseen sen perustamisesta aina työkoneen toimintakunnon tarkistamiseen saakka. Työssä myös ruoditaan yleisimpiä esille nousseita ongelmatilanteita ja annetaan niille ratkaisu. Tämän työn tavoitteena on antaa ratkaisut ongelmiin, joita yleisimmin esiintyy koneohjaustukiasemaa perustettaessa. Käytännön tilanteet ja ongelman ratkaisut tehdään tämän työn yhteydessä todellisissa tilanteissa perustaen koneohjaustukiasemia eri hankkeiden yhteydessä sekä hakien mahdollisiin ongelmatilanteisiin ratkaisuja niin kokeneilta maanmittaajilta kuin eri laitevalmistajien edustajilta.

2 3D-KONEOHJAUS

2.1 Koneohjaus ja sen kehitys

Koneohjauksella yleisesti tarkoitetaan sitä, että työkoneen kuljettajalle tuotetaan jollakin menetelmällä tietoa työkoneen kauhan tai terän sijainnista. Yksinkertaisimmillaan koneohjaus voi tarkoittaa tasolaserilla ilmaistava korkoa, jota työkoneeseen asennettava anturi vertaa ja ilmoittaa sen perusteella terän tai kauhan korkoa kuljettajalle. (Topgeo Oy 2015.)

Koneohjaus on kehittynyt viimeisten vuosikymmenten aikana paljon. Työkoneen kuljettajalle ilmoitettavat tiedot ovat monipuolistuneet ja laitteisto kehittynyt. Kauhan tai terän koron ilmoittamisen sijaan työkoneen kuljettajalla on tiedossa sekä tasosijainti että korkeus valituissa koordinaatti- ja korkeusjärjestelmissä. Koneohjausta voidaanakin tästä syystä kutsua 3D-koneohjaukseksi. (Nieminen 2011, 7.)

Pelkän reaaliaikaisen sijaintitiedon tuottaminen kuljettajalle ei kuitenkaan riitä, koska perinteistä tulostettua työmaasuunnitelmaa olisi varsin hankala tulkita tehokkaasti sen perusteella. Koneohjauksen tehokkaaseen hyödyntämiseen on kehitetty koneohjausjärjestelmiä, jotka pystyvät käyttämään sijaintitietoa hyväkseen ja vertaamaan sitä järjestelmään ladattuihin malleihin työmaasta. Koneohjausjärjestelmät näyttävät ja ilmoittavat kuljettajalle työkoneen terän tai kauhan reaaliaikaisen sijainnin verrattuna valittuun pintamalliin (Kuvio 1 sivulla 12). Nykyaikaisten koneohjausjärjestelmien sujuva ja tehokas käyttäminen vaatii työkoneen kuljettajalta perehtymistä järjestelmän käyttämiseen. Ongelmatilanteita varten useissa järjestelmissä on kehitetty etäkäyttömahdollisuus, jolloin esimerkiksi laitevalmistaja voi ratkaista ongelmatilanteita nopeasti ja tehokkaasti. (Nieminen 2011, 10.)



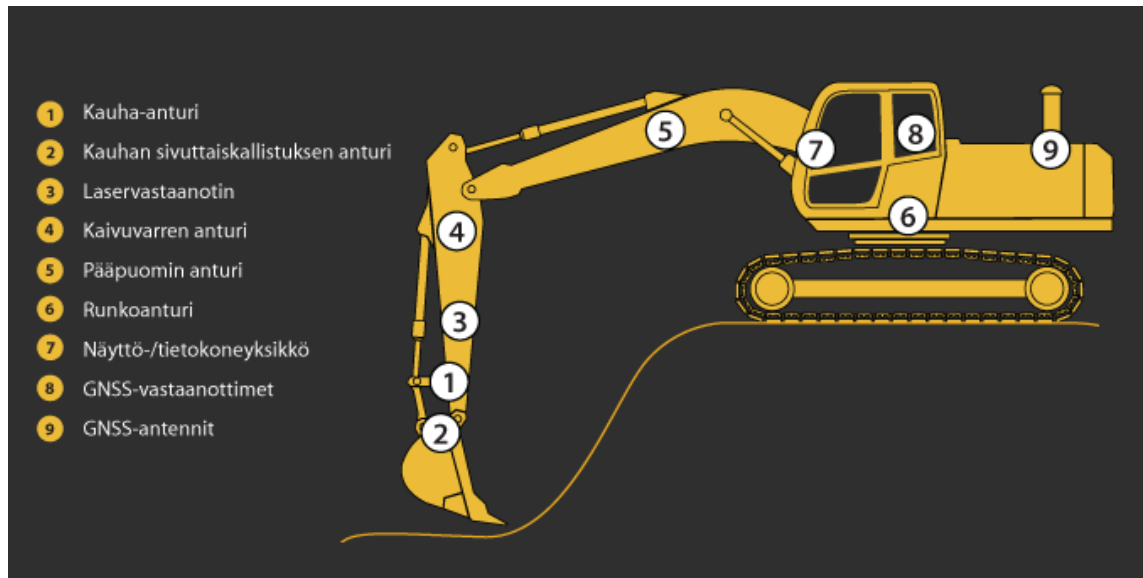
Kuvio 1. Koneohjausjärjestelmän näyttö kaivinkoneessa (Leica Geosystems Oy 2010.)

2.2 Koneohjausjärjestelmien kalusto ja toimintaperiaate

2.2.1 Kalusto ja toimintaperiaate

Koneohjausjärjestelmillä on useita laitevalmistajia, joilla jokaisella on omat variaationsa sen toteuttamisesta. Toimintaperiaate kuitenkin on samankaltainen kaikilla laitevalmistajilla. Järjestelmä rakentuu työkoneseen asennettavista antureista, näytöstä ja tietokoneesta sekä virtalähteestä. Lisäksi kalustoon kuuluu työkonen paikantamiseen tarvittava komponentit, jotka ovat riippuvaisia paikannustavasta. Yleensä koneohjausjärjestelmissä on lisäksi tietoliikenneyhteys, joka toteutetaan mobiilidataverkkojen avulla. Työkonen paikantaminen voidaan tehdä

joko jatkuvalla takymetrimittauksella tai satelliittipaikannuksen menetelmin. Kuviossa 2 on esitetty GNSS-paikantamiseen perustuvan Koneohjausjärjestelmän laitteisto. (Pelkonen 2012, 21; Topgeo Oy 2015.)



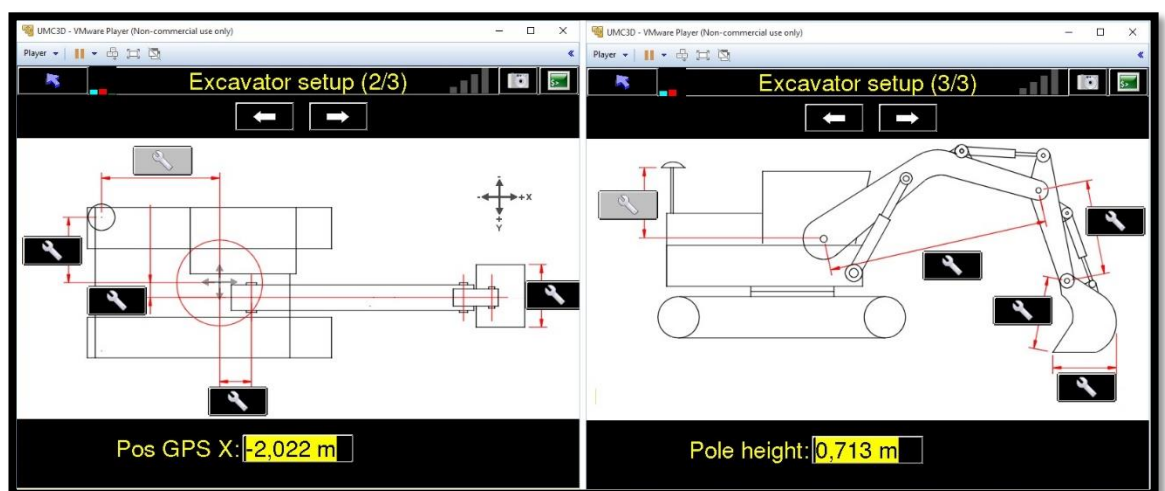
Kuvio 2. Koneohjausjärjestelmän kalusto kaivinkoneessa (Novatron 2015.)

Työkoneeseen asennettavat anturit tuottavat koneohjausjärjestelmälle tarkkaa tietoa työkoneen osien asennosta ja kallistumisesta. Tietojen perusteella voidaan laskea työkoneen sisäisessä koordinaatistossa terien ja kauhojen reaaliaikainen sijainti. Sisäinen koordinaatisto muodostetaan niin sanotulla sisäisellä orientonnilla. Koneohjausjärjestelmä yhdistää sisäisen koordinaatisto työkoneen oikeaan sijaintiin, jolloin se voidaan paikantaa tarkasti työmaa-alueelle. Paikantamisen jälkeen koneohjausjärjestelmä pystyy opastamaan kuljettajaa työkoneessa sijaitsevan näytön avulla (Kuvio 1 sivulla 12). Järjestelmä vertaa terien tai kauhojen sijaintitietoa järjestelmään ladattuihin malleihin työmaasta ja ilmoittaa kuljettajalle niiden sijainnin mallilla sekä ohjaa työstämistä tavoitteiden saavuttamiseksi. (Pelkonen 2012, 23.)

2.2.2 Sisäinen orientointi

Työkoneen geometrian tarkkaa määrittämistä kutsutaan sisäiseksi orientonniksi, koska siinä mitataan työkoneelle sisäinen koordinaatisto. Sisäisessä orientoinnissa määritetään työkoneen kaikkien osien pituudet kuten kaivinkoneen puomit ja niiden sijainti sisäisen koordinaatisto origoon. Lisäksi määritellään työkoneen paikantamiseen tarvittavien GNSS-vastaanotinten tai prismapisteiden tarkat sijainnit myös sisäisessä koordinaatistossa. (Pelkonen 2012, 25.)

Kaivinkoneen sisäisen koordinaatiston origo on luonnollista määritellä koneen pyörähdysakselille, mutta esimerkiksi tiehöylissä on tarkoituksenmukaisempaa määritellä origo terän keskipisteeseen. Työkoneeseen asennettavien antureiden avulla havaitaan esimerkiksi kaivinkoneen puomien asentoa ja sen vaikutusta työkoneen geometriaan. On myös huomioitava, että teriä ja kauhoja vaihdettaessa työkoneen geometriassa tapahtuu muutos ja tätä muutosta voidaan hallita määrittämällä koneohjausjärjestelmään tarvittava määrä eri geometrian omaavia teriä ja kauhoja valmiiksi. Kuviossa 3 on esitetty niitä mittoja, joita määritetään millimetrin tarkkuudella, kun työkoneelle tehdään sisäistä orientointia. (Pelkonen 2012, 25; Topgeo Oy 2015.)



Kuvio 3. Kuvakaappaus Leica PowerDigger 3D koneohjausjärjestelmän sisäisen orientoinnin määrittämisestä.

2.3 Takymetri koneohjauksessa

Koneohjauksessa työkonetta voidaan paikantaa joko jatkuvalla takymetrimittauksella tai GNSS-mittauksella. Molemmille paikannusmenetelmille on olennaista, että mitattavat pisteet ovat tarkoin määritelty työkonetta sisäisessä koordinaatistossa. (Topgeo Oy 2015.)

Takymetrillä havaitaan kulmia ja etäisyyksiä tunnetuille ja mitattaville pisteille. Takymetri täytyy ennen varsinaisen mittaamisen aloittamista orientoida käyttäen apuna vähintään kahta tunnettua pistettä. Orientointi tehdään joko tunnetulle pisteelle takymetri keskistämällä ja havaitsemalla toinen tunnettu piste tai vapaalle asemapistelle, jolloin kulma- ja etäisyyshavainnot tehdään vähintään kahdelle tunnetulle pisteelle. Havaintojen perusteella takymetri laskee oman sijaintinsa. Orientoinnin jälkeen koje on valmis mittaamaan tuntemattomia pisteitä kuten työkonetta prismaa. Robottitakymetri lukitaan seuraamaan työkonetta asennettua aktiiviprismaa, joka havaitaan esimerkiksi sekunnin välein. Tehdyn havainnon jälkeen koje laskee prisman sijainnin ja lähettää sen koneohjausjärjestelmälle, joka puolestaan laskee tiedon perusteella työkonetta terien sijainnin tarkasti. (Nieminen 2011, 11-13; Laurila 2012, 252-253.)

Takymetriohejaus soveltuu koneohjauksessa pienialaisiin mittauksiin. Kojeelta täytyy koko ajan olla esteetön näkyvyys työkonetta asennettuun prismaan. Takymetrimittauksen tarkkuus on alle 300 metrin matkoilla erinomainen, mutta pidemmällä havaintoetäisyyksillä tarkkuutta heikentävät häiriötekijät alkavat vaikuttamaan mittaustarkkuuteen. Takymetrin tarkkuus erityisesti korkeuden mittauksessa on kuitenkin vielä tällä hetkellä selkeästi parempi kuin GNSS-mittauksessa ja sen vuoksi takymetriohejaus soveltuu paremmin tarkkaa korkeuden määrittämistä vaativiin hankkeisiin. (Nieminen 2011, 11-13; Laurila 2012, 337.)

Kuviossa 4 sivulla 16 sovelletaan tarkkuutta vaativassa hankkeessa takymetriohejausta koneohjauksella. Takymetrin ja työkonetta välillä on esteetön näkyvyys ja aktiiviprismat on nostettu selkeästi korkealle, ettei työkonetta asento tai työmaahen-

kilökunta estä näkyvyyttä. Takymetrin jalkaan on kiinnitetty mittaustietoa lähettävä yksikkö. Takymetrin toimintaperiaatteeseen ei tässä yhteydessä syvennytä tämän enempää.



Kuvio 4. Takymetriohjattu koneohjaus tarkkuutta vaativassa betonivalussa (Leica Geosystems Oy 2005.)

2.4 Satelliittipaikannus koneohjauksessa

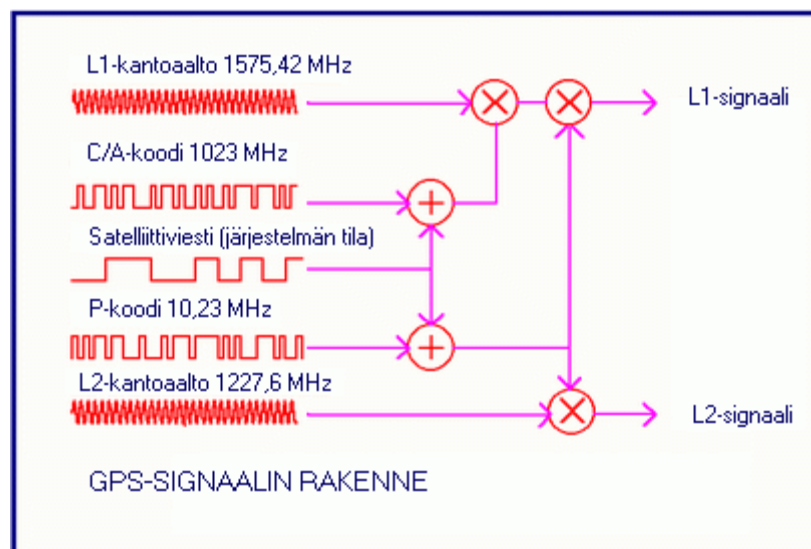
2.4.1 GNSS-paikannus yleisesti

Yleisesti satelliiteilla tehtävää paikannusta kutsutaan GPS-paikannukseksi, mutta todellisuudessa käytössä on amerikkalaisten ylläpitämän GPS-järjestelmän satelliittien lisäksi myös venäläisiä Glonass-järjestelmän satelliitteja. Vaikka Glonass-järjestelmä on ollutkin vaikeuksissa erityisesti satelliittien lyhyen eliniän vuoksi, tarjoaa se pohjoisille leveyksille merkittävää parannusta paikannustarkkuuteen suuremman inklinaatiokulman ansiosta. Rakenteilla on myös useita muitakin satelliittipaikannusjärjestelmiä kuten Euroopan Unionin Galileo, joka laajenee suunnitelmien mukaan käsittämään 12 satelliittia vielä vuoden 2015 loppuun

mennessä. Kaikkia satelliittipaikannusjärjestelmiä kutsutaan yhteiseltä nimeltään GNSS-järjestelmäksi. (Airos, Korhonen & Pulkkinen 2007, 26; Laurila 2012, 281; ESA 2015a.)

GNSS-paikannus perustuu vastaanottimella havaittaviin paikannussatelliittien lähettämiin signaaleihin, joiden sisältämän tiedon ja signaalin vaiheen perusteella voidaan laskea etäisyys vastaanottimen ja satelliitin välille. Kun havaitaan yhtä aikaa useaa satelliittia, voidaan laskettujen etäisyyksien perusteella laskea havaintopaikan sijainti. On luonnollista, että mitä useampaa satelliittia pystytään yhtäaikaaisesti havaitsemaan, niin sitä parempi sijaintitarkkuus on. (Laurila 2012, 292.)

Paikannussatelliittien lähettämät signaalit koostuvat kahdesta tai kolmesta eri taajuudella lähetettävistä kantaalloista L_1 , L_2 ja mahdollisesti L_5 , joihin on moduloitu P-koodi sekä C/A-koodi kantaallon taajuudelle L_1 , mutta myös taajuudelle L_2 , mikäli kantaaltoa L_5 myös lähetetään. P-koodi on tarkoitettu sotilaalliseen käyttöön ja se on salattu. Koodien lisäksi signaalit pitävät sisällään satelliitin ratatiedot, kellovirheen sekä muun muassa satelliitin tunnistamiseen tarvittavan tiedon eli niin sanotun satelliittiviestin. Kuviossa 5 on periaatekaavio L_1 ja L_2 kantaalloilla lähetettävien signaalien muodostamiseen. Kaaviossa on ilmoitettu myös koodien ja kantaaltojen taajuudet, jotka ovat tärkeitä suureita paikantamisessa. (Laurila 2012, 286-287.)



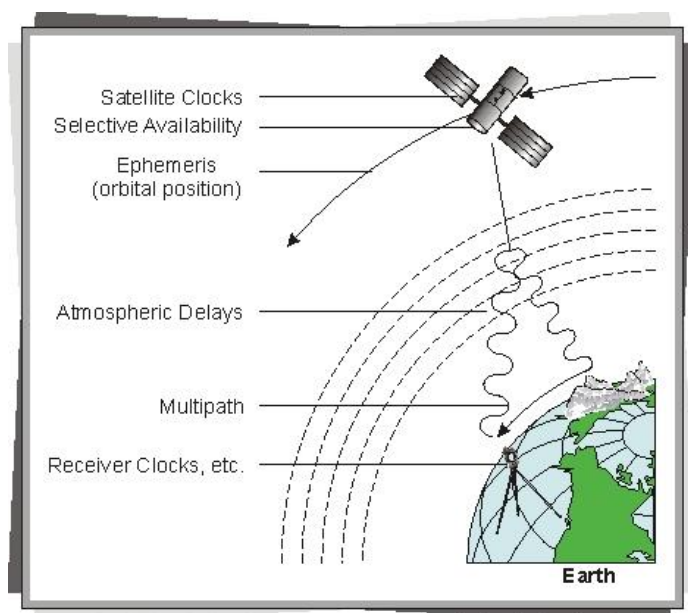
Kuvio 5. Paikannussignaalin muodostaminen kantaalloille (Virtuaali AMK 2015.)

GNSS-paikantamisessa vastaanottimen ja satelliittien välinen etäisyys voidaan määrittää perustuen koodihavaintoon, vaihehavaintoon tai molempiin havaintoihin. Mittausmenetelmän määrittää käytännössä mittaukselle asetettu tarkkuusvaatimus. (Laurila 2012, 293-294.)

2.4.2 GNSS-paikannuksen tarkkuus ja virheet

GNSS-paikannuksen tarkkuus on riippuvainen signaalista tehtävistä havainnoista sekä järjestelmässä, olosuhteissa ja mittalaitteissa ilmenevistä virheistä ja niiden hallinnasta. Kuviossa 6 on esitetty muutamia yleisimpiä virhelähteitä. Virheiden hallintaan on kehitetty erilaisia menetelmiä, joiden avulla paikannustarkkuutta voidaan parantaa.

Ilmakehän aiheuttamia virheitä voidaan arvioida eri taajuudella lähetettäviä kantoaaltoja vertaamalla, koska ne läpäisevät ilmakehää eri tavoin. Ilmakehästä aiheutuvia virheitä ei kuitenkaan voida tarkasti arvioida pelkästään kantoaalloista, vaan sen hallitsemiseen tarvitaan tunnetulle pisteelle perustettu GNSS-tukiasema. Paikannussignaalin heijastumisesta aiheutuvia virheitä pyritään estämään antennitekniikan avulla sekä määrittämällä vastaanotettavalle signaalille pienin sallittu tulokulma horisonttiin verrattuna. (Laurila 2014; Maanmittauslaitos 2015.)



Kuvio 6. Virhetekijät satelliittipaikannuksessa (Wireless Dictionary 2015.)

Paikannussignaalia lähettävissä satelliiteissa on yleensä virheitä satelliitin omassa kellossa sekä sen oletetussa kiertoradassa. Satelliittipaikannusjärjestelmää valvovat maapallolla sijaitsevat valvonta-asemat lähettävät satelliiteille tarkkaa tietoa havaituista virheistä. Valvonta-asemien eli niin sanotun valvontalohkon lähettämällä korjauksilla hallitaan sekä kelloon että kiertorataan liittyviä virheitä. (Airos ym. 2007, 20.)

Olosuhteet vaikuttavat paikannussignaalin etenemiseen satelliitista vastaanottimelle. Suurin yksittäinen virhelähde ilmenee ionosfäärissä johtuen Auringon aktiivisuudesta. Aurinkomyrskyn aiheuttamat signaalin etenemishäiriöt voivat pahimmassa tapauksessa jopa estää tarkan GNSS-paikantamisen. Ilmakehässä on myös muita pienempiä signaalin etenemistä hidastavia tekijöitä, joita pyritään hallitsemaan eri taajuuksilla lähetettävien kantoaaltojen avulla. Ilmakehässä tapahtuva emissio vaikuttaa eri taajuuksiin eri tavoin. Vertailemalla kantoaaltojen etenemistä ilmakehän läpi ei kuitenkaan saavuteta suurta tarkkuutta, vaan vaativiin GNSS-mittauksiin täytyy varmistaa ilmakehän aiheuttamat virheet mittaamalla vallitsevissa olosuhteissa tunnettu piste ja vertaamalla saatuja tuloksia tunnettuihin koordinaatteihin ja korkeuteen. (Airos 2007, 15; Laurila 2012, 306-307.)

Muita virhelähteitä ovat muun muassa signaalin heijastuminen, fyysiset esteet sekä mittalaitteista tai muusta tekijästä aiheutuvat satunaiset virheet. Signaalin heijastumista voidaan hallita antennitekniikan lisäksi muuttamalla signaalin pienintä sallittua vastaanottokulmaa horisonttiin verrattuna, jolloin mahdollisia heijastuneita signaaleja ei käytetä sijainnin määrittämiseen. Mittauspaikalla täytyy huomioida mahdolliset fyysiset esteet signaalin etenemiselle ja tapauskohtaisesti joko raivata esteitä tai valita mittauspaikka, niin että satelliittitaivaalle on mahdollisimman esteetön näkyvyys. Satunaisia virheitä voi esiintyä myös muutoinkin ja niiden aiheuttaja voi olla esimerkiksi mittalaitteiden ohjelmistot. Kertaluontoisia virheitä voidaan poistaa tekemällä useita havaintoja eli pidempiä havaintojaksoja, jolloin yksittäiset virheelliset havainnot huomataan ja ne poistetaan varsinaisista mittaustuloksista. (Laurila 2012, 305-307.)

2.4.3 GNSS-paikannuksen mittaustavat

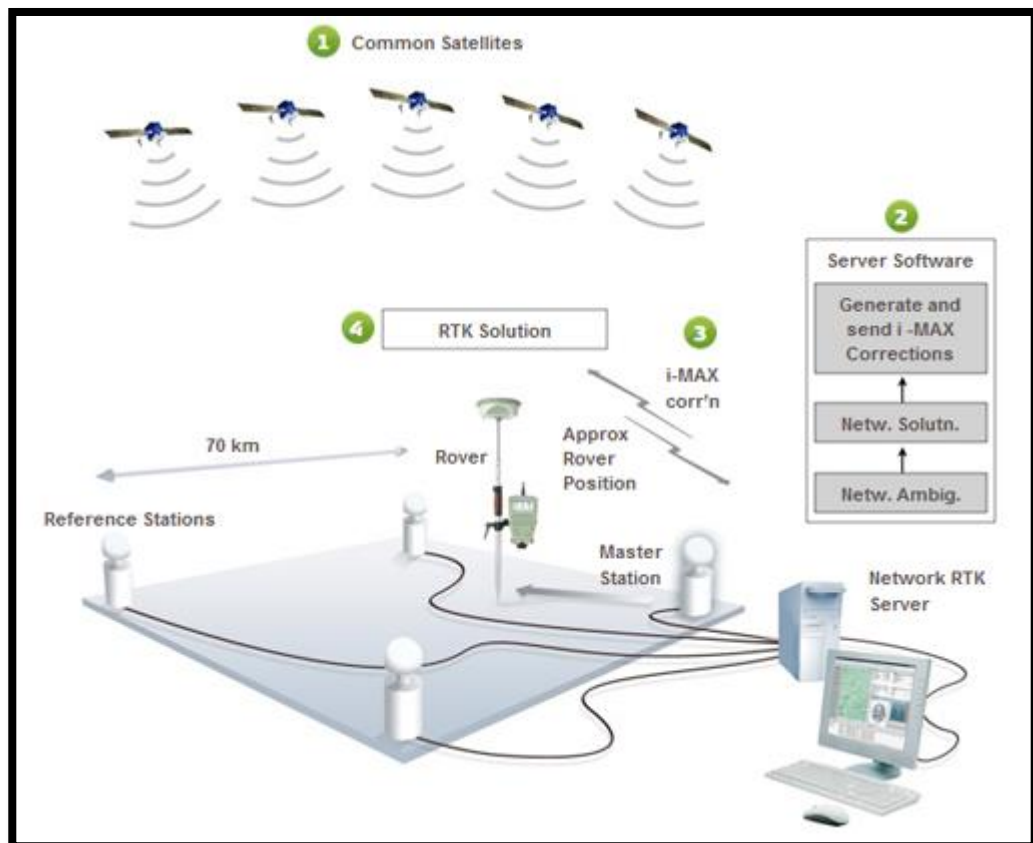
GNSS-paikannuksessa mittaustavat eroavat toisistaan etäisyyden määrittämisessä käytettävien havaintojen osalta, mutta myös tunnettujen systemaattisten virheiden hallinnan ja käytettävän laitteiston osalta. Mittaustavat voidaan jakaa kolmeen tapaan absoluuttiseen ja differentiaaliseen paikannukseen sekä suhteelliseen mittaukseen. Absoluuttinen ja differentiaalinen paikannus perustuvat molemmat koodihavainnon tekemiseen paikannussignaalista sekä siitä määritettävään etäisyyteen vastaanottimen ja satelliitin välillä. Absoluuttisessa paikannuksessa voidaan hallita vain kellovirhettä havaitsemalla vähintään neljä satelliittia yhtäaikaaisesti. Absoluuttinen paikannus sopii tarkkuutensa puolesta hyvin harastuskäyttöön ja perusnavigointiin, koska sen tarkkuus on alle kymmenen metriä. (Laurila 2012, 293.)

Differentiaalisessa paikannuksessa hallitaan kellovirheen lisäksi myös satelliittien kiertoradoissa olevia virheitä sekä ilmakehän aiheuttamia virheitä. Differentiaalisessa paikannuksessa käyttäjällä on vastaanottimesta yhteys myös yleiseen korjaustietoa lähettävään palveluun. Korjaustietoa mitataan tunnetulle pisteelle perustetulla tukiasemalla. Differentiaalinen paikannustapa sopii ammattimaiseen navigointiin sekä paikkatiedon keräämiseen ja sen tarkkuus on 0,5 – 5 metriä. Differentiaalisessa paikannuksessa on mahdollista päästä jopa 0,1 metrin tarkkuuksiin, jos etäisyyshavaintoja tehdään myös havaitsemalla kantoaallon vaihetta. (Laurila 2012, 293.)

Suhteellinen mittaus eroaa absoluuttisesta ja differentiaalisesta paikannuksesta monin tavoin. Suhteellinen mittaustapa saa nimensä siitä, että etäisyys määritetään toisen tunnetulla pisteellä olevan vastaanottimen suhteen sen sijaan, että etäisyys mitattaisiin satelliitteihin. Suhteellisessa mittauksessa havaitaan kantoaaltojen vaiheita sekä niiden doppler-ilmiötä, mutta havaintoja tehdään myös koodeista erityisesti alustusvaiheessa, kun määritetään alkutuntemattomia. Vastaanottimet havaitsevat mahdollisimman monta yhteistä satelliittia, jolloin systemaattiset virheet eivät vaikuta vastaanotinten väliseen suhteelliseen mittaukseen

ja niiden välinen suhteellinen etäisyys saadaan näin ollen määritettyä tarkasti. (Laurila 2012, 301-303.)

Suhteellisessa mittaustavassa tukiasema on sijoitettu tarkasti tunnetulle pisteelle ja sen avulla voidaan laskea korjaus vallitsevissa mittaolosuhteissa muille tuntemattomilla pisteillä oleville vastaanottimille. Suhteellisesta mittaustavasta on kehitetty erilaisia palveluita, jotka tarjoavat korjausviesti mobiilidataverkon kautta ja näistä Suomessa on käytössä ainakin VRS sekä SmartNet. Kuviossa 7 SmartNetin ylläpitämän verkko-RTK-mittausmenetelmän toimintaperiaate, joka eroaa VRS-menetelmästä muun muassa siinä, että kantavektori lasketaan aina todellisen tukiaseman suhteen, eikä VRS-menetelmän tapaan virtuaalisen tukiaseman suhteen. (Laurila 2012, 315.)

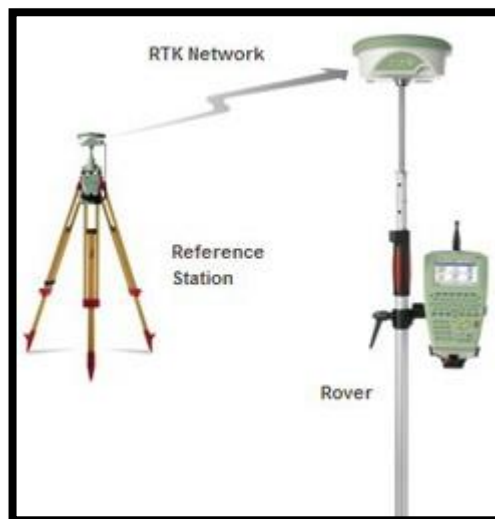


Kuvio 7. SmartNetin ylläpitämän verkko-RTK-mittausmenetelmän toimintaperiaate (Leica Geosystems Oy 2015a.)

Suhteellisessa mittauksessa päästää parhaimmillaan millimetritarkkuuksiin, mutta yleensä tarkkuus on alle 0,05 metriä. Suhteellisessa paikannuksessa on mittausmenetelminä RTK- ja Verkko-RTK-mittaus sekä staattinen mittaus. Suhteellinen mittaustapa soveltuu muun muassa koneohjaukseen sekä laajasti muihin tarkkuutta vaativiin maanmittausalan mittauksiin. Koneohjauksessa sovelletaan erityisesti RTK- ja Verkko-RTK-mittauksia. (Laurila 2012, 315.)

2.4.4 GNSS-paikannus koneohjauksessa

Koneohjauksessa on yleisesti käytössä joko RTK- tai Verkko-RTK-mittaustapa. RTK-mittaustavassa (Kuvio 8) perustetaan yksi tukiasema tunnetulle pisteelle ja korjausviestiä lähetetään yleensä radiomodeemin avulla. Verkko-RTK-mittaus tapahtuu tukiasemaverkon avulla. Tukiasemaverkko on tunnetuille pisteille perustettu kiinteä tukiasemaverkko, joka laskee korjausten suuruuksia ja lähettää ne vastaanottimelle mobiilidataverkon avulla. Käytännössä verkko-RTK-mittaus ei tarvitse kuin yhden vastaanottimen, jossa on korjausviestin vastaanottamista varten SIM-kortti ja palveluntarjoajalta hankittu lisenssi korjausdatan saamista varten. (Laurila 2012, 319-320.)



Kuvio 8. Periaatekuva RTK-mittausmenetelmästä (Leica Geosystems Oy 2015b.)

Sekä RTK että verkko-RTK-mittaustavalla on omat vahvuutensa ajatellen koneohjausta. Merkittävimpänä asiana Verkko-RTK-mittaustavassa koneohjauksessa

on se, että jokainen samalla työmaalla oleva työkone tarvitsee oman mobiilidatayhteyden ja lisenssin palveluntarjoajalta. Mikäli korjausviestiä toimitetaan RTK-mittaustavan mukaisesti perustetulta tukiasemalta radiomodeemin välityksellä, niin yksi tukiasema voi palvella lukuisia työkoneita, jotka ovat kuitenkin riittävän lähellä tukiasemaa (Kuvio 9).

Verkko-RTK-mittaustapa on myös täysin riippuvainen mobiilidatayhteyden toimivuudesta ja mikäli sitä ei työmaa-alueella ole sen soveltaminen on mahdotonta. Mobiilidatapalveluissa voi myös ilmetä häiriöitä johtuen matkapuhelinverkossa ilmenevistä vikatilanteista tai myös mahdollisesta ruuhkatilanteista, kun matkapuhelinverkko kuormittuu voimakkaasti. Yleensä ruuhkatilanteet toistuvat samoihin kellonaikoihin päivittäin. RTK-mittaustapa vaatii puolestaan tunnetulle pisteelle perustettavan tukiaseman käyttämisen. Tukiaseman perustaminen ja toimintakuntoon laittaminen edellyttää osaamista. Hankaluuksia tukiaseman toimintakuntoon laittamisessa voi tulla esimerkiksi useiden laitevalmistajien laitteiden yhteensovittamisessa. RTK-mittaustavan tukiasema ei voi myöskään olla kovin etäällä työkoneista. (Laurila 2012, 319-321.)



Kuvio 9. Useita työkoneita saa korjausviestin yhdeltä tukiasemalta.

3 KONEOHJAUSJÄRJESTELMIEN LAITEVALMISTAJAT

3.1 Käytettävyys tuotekehityksen suuntana

Lähes jokaisella työkoneisiin koneohjausjärjestelmiä valmistavalla laitevalmistajalla on myös oma versionsa korjausviestiä lähettävästä tukiasemasta. Työkoneen kuljettajan näkökulmasta kehityssuunta on jokaisella laitetoimittajalla sama eli käytettävyttä parannetaan uusia ominaisuuksia kehittämällä, jotta koneohjausjärjestelmiä pystyttäisiin hyödyntämään entistäkin tehokkaammin. Pinnan alta löytyy kuitenkin merkittävämpiäkin eroavaisuuksia laitevalmistajia vertailtaessa.

Tarkempi laitevalmistajien kesken tehty vertailu osoittaa, että laitevalmistajien välillä on havaittavissa kädenvääntöä. Näkemyseroja on muun muassa korjausviestin lähetyksen protokollissa ja sen tulkinnoista sekä korjausviestin modulaatiotavoista, koneohjausmallien tiedostoformaattien lisäksi. Luonnollisesti saman laitevalmistajan tukiasema ja koneohjausjärjestelmä toimivat moitteettomasti keskenään, mutta ongelmia saattaa ilmetä, mikäli kahden tai useamman laitevalmistaja laitteita sovitetaan toimimaan yhdessä. Koneohjausjärjestelmien ja tukiasemien kanssa työskentelevien on hyvä pitää mielessä, että järjestelmät eivät ole kovinkaan tiukasti standardoituja, vaan laitevalmistajilla saattaa olla omia näkemyksiään toteuttamisesta, vaikka yleisesti puhutaankin samasta asiasta.

3.2 Tukiasemat

Tukiaseman tehtävä on lähettää korjausviestiä työkoneissa oleville koneohjausjärjestelmille. Laitevalmistajilla on omat näkemyksensä myös tukiasemasta ja sen kokoonpanosta. Yhteisenä tekijänä voidaan sanoa, että jokainen koostuu GNSS-lautasesta, radioantennista, radiosta sekä paikanninyksiköstä. Joidenkin laitevalmistajien kokoonpanoissa paikanninyksikkö ja radio on integroitu yhdeksi kokonaisuudeksi, joita hallitaan yhden käyttöliittymän avulla, mutta usein paikanninyksikkö ja radio ovat erikseen konfiguroitavia. (Määttä 2015; Paitsola 2015.)

Luotettava ja toimiva korjausviesti generoidaan paikanninyksiköön määriteltävien asetusten perusteella. Erityistä huomiota on kiinnitettävä lähetettävän viestin muotoon eli protokollaan sekä tukiaseman tietojen oikeaan määrittämiseen. Viestin lähetysprotokolla täytyy olla myös tuettu työkonen koneohjausjärjestelmässä.

Paikanninyksikön konfigurointi on usein tehtävä joko kytkemällä tietokone tai tarkoitusta varten kehitetty näppäimistö paikanninyksikköön kiinni. Ainoastaan Trimblen toteuttamassa tukiaseman paikanninyksikössä on mahdollista tehdä tarvittavat asetukset käyttäen laitteessa kiinteästi olevaa pientä näyttöä ja näppäimistöä. Leican tukiasemaan tarvitaan joko kannettavaan tietokoneeseen maksullinen sovellus tai erikseen hankittava paikanninyksikköön kytkettävä ulkoinen näppäimistö konfigurointia varten, muissa tapauksissa riittää, että kannettavassa tietokoneessa on asennettuna kyseistä paikanninyksikköä varten kehitetty ilmainen konfigurointiohjelma. Tarkemmin paikanninyksiköiden asetusten määrittämiseen paneudutaan seuraavassa luvussa. (Mäki-Tulokas 2015; Määttä 2015; Paitsola 2015.)

Tukiasema lähettää paikanninyksikön avulla lasketun korjausviestin radiolaitteella työkonien koneohjausjärjestelmiin. Radion lähetysasetuksiin on myös kiinnitettävä huomiota, sillä niiden täytyy olla linjassa sekä paikanninyksikköön määriteltujen asetusten että korjausviestiä vastaanottavien radioiden kanssa. Ei ole itsestään selvää, että oletusasetuksilla lähetetyt viestit voidaan työkonen radiolla onnistuneesti vastaanottaa. Tärkeimpiä muuttuvia asioita radiossa ovat muun muassa lähetys taajuus ja teho, kanavaväli, salaus- ja virheenkorjausasetukset sekä modulointitapa. Mikäli radiota ei ole integroitu toimimaan paikanninyksikön kanssa, radion lähetysasetusten määrittäminen tehdään yleensä suoraan radiossa olevan näytön ja näppäimien avulla. (Mitta Oy 2015.)

Kuviossa 10 sivulla 26 on näkyvillä tukiaseman konfigurointiin tarvittava kannettava tietokone sekä konfiguroitava kalusto. Kuvion 10 alareunassa on Satel Oy:n Sateline-3AS Epic radiomodeemi ja sen alla Javad paikanninyksikkö (keltainen) sekä virtalähteenä toimiva akku, joka on kytketty ylläpitolaturilla verkkovirtaan.



Kuvio 10. Topconin toimittaman tukiaseman konfigurointia.

3.3 Koneohjausjärjestelmät työkoneissa

Työkoneisiin asennettavat koneohjausjärjestelmät rakentuvat myös useista eri laiteyksiköistä. Aikaisemmin tässä työssä mainittiin pääpiirteittäin järjestelmän toimintaperiaate, mutta samaan tapaan kuin tukiasemissakin, on laitevalmistajilla selkeitä eroavaisuuksia laitekoonpanoissa. Koneohjausjärjestelmän tehtävä on vastaanottaa korjausviestiä, jonka avulla työkone voidaan paikantaa riittävän tarkasti ja samalla ohjeistaa kuljettajaa työn suorittamiseksi.

Samaan tapaan kuin tukiasemissakin, on koneohjausjärjestelmissä merkittävimpänä erona käyttäjän kannalta se, että joissain järjestelmissä radion konfigurointi on liitetty osaksi koneohjausjärjestelmää, eikä työkoneen hytistä löydy fyysistä radiolaitetta. Normaalityötilanteissa koneohjausjärjestelmään integroitu radiolaitte on käytännöllinen ja helppokäyttöinen, mutta niissä tilanteissa, joissa radioasetuksiin kuten virheenkorjaukseen tai modulaatiotapaan täytyy tehdä muutoksia,

saattaa niiden muuttaminen olla haastavaa. Koneohjausjärjestelmän kautta ohjattavat radiot ovat yleensä fyysisesti sijoitettu työkoneen moottoritilaan, joka on ahdas ja sääolosuhteillekin altis työskentely-ympäristö.

Koneohjausjärjestelmissä on myös muita selkeitä eroavaisuuksia, jotka vaikuttavat niiden käytettävyyteen. Jokaisella laitevalmistajalla on oma näkemyksensä tiedonsiirron toteuttamisesta ja myös niistä ominaisuuksista, mitkä ovat maksullisia lisäpalveluita. Usein maksulliset lisäpalvelut eivät lisää koneohjausjärjestelmän tehokasta hyödyntämistä työkoneen kuljettajan näkökulmasta, vaan edesauttavat muun muassa mittaustehtävissä olevien henkilöiden tehtäviä.

Hankkeeseen liittyvät aineistot voidaan siirtää koneohjausjärjestelmään joko muistitikulla tai käyttäen apuna mobiilidataverkkoa. Muistitikulla aineistot täytyy olla tarkkaan määritellyissä kansioissa, jotta tiedonsiirto voi toteutua onnistuneesti. Mobiilidataverkon avulla aineistot voidaan siirtää haluttuihin työkoneisiin suoraan toimistosta tietokoneen avulla, mikäli palvelu on hankittuna. Eräät laitevalmistajat vaativat mobiilidataverkon avulla suoritettavaan tiedonsiirtoon konekohtaisen lisenssin hankkimisen. Lisenssi hankitaan aina määräajaksi ja harmit-tavan usein urakoitsijat eivät koe sen tuovan lisäarvoa työskentelyyn. Aineiston siirtäminen työkoneeseen ja tarketiedostojen lataaminen toimistolle helpottaa merkittävästi mittaustehtäviä suorittavan henkilön tehtäviä.

3.4 Kehityksen suunta

Perustoiminnallisuus on kaikilla koneohjausjärjestelmien laitevalmistajilla samalla tasolla. Työkoneen kuljettajille on koko ajan kehitetty paremmin toimivat koneohjausjärjestelmät, joiden avulla voi jo nyt tehdä pieniä muutoksia malleihin ja tulevaisuudessa mahdollisuudet vain kasvavat.

Koneohjausjärjestelmien kokonaisuuteen liittyy myös olennaisena osana etähallintaa ja palvelut. Juuri näissä asioissa on laitevalmistajien välillä selkeimmät eroavaisuudet, vaikka jokaisella on tämän tyyppisiä palveluita olemassa. Lähinnä erot muodostuvat kustannuksista ja niistä seikoista, joita etähallinnalla voidaan tehdä.

Aika näyttää löytyykö laitevalmistajien kesken yhteinen suunta vai jatkaako jokaisen kehitys omilla raiteillaan. Maanmittaajan näkökulmasta olisi suotavaa, että työmaahankkeiden osalta projektiaineiston siirto koneohjausjärjestelmään ja tarketiedostojen lataaminen koneohjausjärjestelmästä tulisivat helpommin saataville kaikkien laitevalmistajien osalta.

4 TUKIASEMAT KONEOHJAUKSESSA

Kuluneen vuoden aikana saadut useat käytännön kokemukset koneohjaustukiaseman toimintakuntoon laittamisesta sekä siinä ilmenneiden ongelmatilanteiden selvittämiset ovat perustana tässä tutkimuksessa. Käytännön tilanteissa esille ongelmat on ratkaistu puhelinkeskustelujen avulla ensisijaisesti samoissa työtehtävissä olevien maanmittaajien kanssa, mutta usein myös laitevalmistajien edustajien kanssa.

Käytännön lisäksi yleisimpien yleisimpien laitevalmistajien laitteisiin perehdyttiin vuoden 2015 tammikuussa Mitta Oy:n järjestämällä koneohjauspäivillä, missä laitevalmistajien edustajat esittelivät tuotteitaan ja antoivat vastauksia sekä ennalta esitettyihin että tilaisuudessa esille nousseisiin kysymyksiin. Koneohjauspäivien aikana käytiin läpi laitevalmistajakohtaisesti palvelukonseptit käytännön järjestelmätasolta aina etäpalvelujen sekä koneohjaussimulaattoreiden käyttämiseen ja asentamiseen saakka.

4.1 Tukiaseman perustaminen

Tukiaseman perustaminen on hyvä aloittaa työmaa-alueeseen tutustumalla sekä selvittämällä paras mahdollinen sijainti tukiasemalle. Tukiaseman paikkaa valittaessa on otettava huomioon taivasnäkyvä sekä muutenkin mahdollisimman avoin ja esteetön sijainti antennille. Rakennetuilla alueille kaupungeissa ja taajamissa on sekä tukiaseman GNSS-lautanen että radioantenni asennettava riittävän ylös, koska rakennukset ja suuren puut heikentävät taivasnäkyvää. Kuviossa 11 sivulla 30 on käytetty asennuksen apuna henkilönostinta, jolloin asennus on helppo ja turvallinen tehdä. Kuviossa 11 hyvä GNSS-lautasen sijainti löytyi rakennuksen harjalta. Korjausviestiä lähettävät tukiasemat perustetaan yleensä pitkäkestoisiin hankkeisiin, joten GNSS-lautasen ja radioantennin antennikaapelit on suositeltavaa kiinnittää huolellisesti, niin että ne kestävät hyvin paikoillaan säästä riippumatta.



Kuvio 11. Hyvä paikka GNSS-lautaselle ja radioantennille.

Antennikaapelit erityisesti GNSS-lautaselle eivät voi olla kovinkaan pitkiä, jotta signaalin vaimenemisesta ja tästä syystä tukiaseman paikanninyksikölle sekä radiolle täytyy löytää suojaisa ja turvallinen sijainti läheltä GNSS-lautasen ja radioantennin asennuspaikkaa. On lisäksi huomioitava, että paikanninyksikkö ja radio tarvitsevat virtaa toimiakseen, joten se on tavalla tai toisella järjestettävä. On mahdollista, että käytetään aurinkopaneeleja, jotka lataavat 12 voltin akkua antamaan tarvittavaa virtaa, mutta usein on käytännöllisempi liittää 12 voltin akku ylläpitotaturilla normaaliin verkkovirtaan, jolloin tukiaseman virran

saanti on turvattu myös sähkökatkojen aikana. Käytännössä tukiaseman paikanninyksikkö ja radiolaite sijoitetaan joko lukittavaan työmaakonttiin tai sisätiloihin, jossa ne ovat suojassa myös ulkopuolisilta. (Määttä 2015.)

4.1.1 Tukiasema tunnetulle pisteelle

RTK-mittaustavassa tukiasema perustetaan koordinaateiltaan tunnetulle pisteelle. Tunnettuja pisteitä ei kuitenkaan ole mitattu sellaisiin paikkoihin, missä niitä voitaisiin hyödyntää koneohjauksessa, joten tukiasemalle täytyy yleensä mitata piste, jotta se voidaan perustaa tunnettuun sijaintiin. Käytännössä tämä tapahtuu, niin että tukiaseman GNSS-lautanen sijoitetaan tukevasti sellaiseen sijaintiin, josta on mahdollisimman hyvä taivasnäkyvä. Kun GNSS-lautanen on tukevasti asennettu, niin se korvataan verkko-RTK-mittalaitteen GNSS-lautasella ja samaan sijaintiin mitataan pitkän havainnon avulla käyttökiintopiste verkko-RTK-mittaustavalla. Käyttökiintopistettä mitattaessa on otettava huomioon riittävän pitkä havaintoaika, tukevasti paikallaan oleva vastaanotin ja riittävän hyvä satelliittien saatavuus. Tukiaseman sijaintia verkko-RTK-menetelmällä mitattaessa sovelletaan JHS 184. (JUHTA 2015, 18-21.)

Tukiaseman sijainti voidaan mitata myös tukiaseman omalla GNSS-lautasella, kun sen on kytketty paikanninyksikköön. Sovellukset, joilla asetetaan paikanninyksikön asetukset, tarjoaa vaihtoehdoksi tukiaseman paikan määrittämiseksi valintaa ”Get from receiver”, joka tarkoittaa sitä, että tukiasema mittaa omat sijaintitietonsa. Tätä mittaustapaa ei voi suositella muuten kuin hätä tapauksessa käytettäväksi, sillä havaintoja ei tehdä riittävää määrää, eikä mittaustapa ole suhteellinen mittaustapa. Kokeilumielessä tukiaseman voi antaa mitata oman sijaintinsa, koska se vähentää tarkempia sijaintitietoja kirjoitettaessa hieman kirjoittamista ja näin ollen käyttäjälähtöisen virheen mahdollisuus pienenee.

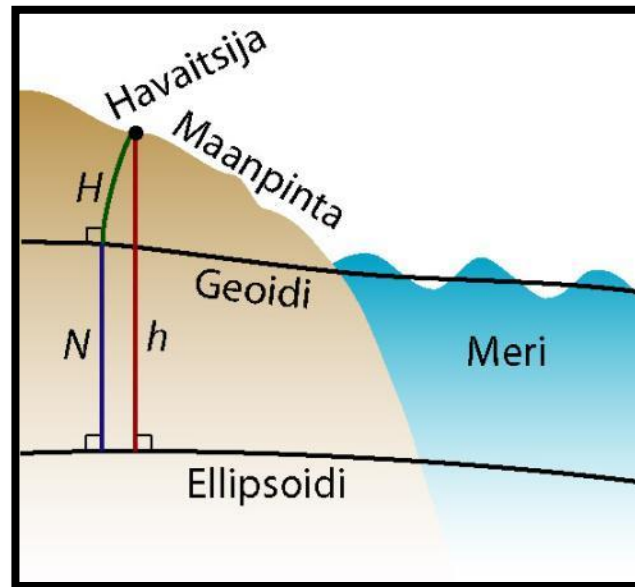
4.1.2 Paikanninyksikön asetukset

Paikanninyksikkö on tukiaseman keskeisin osa, jossa annettujen tietojen ja havaintojen perusteella muodostetaan korjausviesti radiolle lähetettäväksi. Käytännössä paikanninyksikön parametrien määrittäminen tarkoittaa vain tukiaseman sijaintitietojen päivittämisen ja lähetettävän viestin lähetysmuodon valitsemisen, muut asetukset ovat oletusarvoisesti oikein. Vain muutamissa tapauksissa tarvitaan tehdä muutoksia esimerkiksi havaittavien satelliittien valintaan tai tukiaseman lähetettävän viestin osoitteen määrittämiseen. Sekä lähetysmuodon että sijaintitiedon määrittämisellä on suuri merkitys tukiaseman käytettävyydelle eri valmistajien koneohjausjärjestelmien kanssa, mutta myös tukiaseman hyödyntämisessä useammassa työmaahankkeissa samanaikaisesti.

Tukiaseman sijaintitiedot syötetään paikanninyksikköön GNSS-paikannusjärjestelmän käyttämässä globaalissa WGS84 koordinaateissa sekä ellipsoidikorkeudessa, koska tässä järjestelmässä GNSS-satelliittipaikannus tapahtuu myös työkonien koneohjausjärjestelmissä. Ei ole mitään syytä tehdä koordinaatti- tai korkeusjärjestelmämuunnoksia paikanninyksikössä, koska se saattaa aiheuttaa vain sekaannusta koneohjausjärjestelmien käytössä. Kuviossa 12 sivulla 33 on esitetty ellipsoidisen ja geoidisen korkeuden ero sekä niiden suhde ortometriseen korkeuteen. Kuviosta 12 on todettavissa, että $h = N + H$, jossa korkeus ellipsoidista (h), geoidin korkeus (N) ja ortometrinen korkeus eli korkeus merenpinnasta (geoidista) (H).

Koordinaatit syötetään maantieteellisinä eli asteina, minuutteina ja sekunteina. Mikäli ennen mitattujen koordinaattien syöttämistä on likimääräinen tukiaseman sijainti mitattu painamalla "Get from receiver"-nappia, muutoksia yleensä tarvitsee tehdä vain sekunteihin ja sen desimaaleihin sekä korkeuteen. Kuviossa 13 sivulla 34 on kuvakaappaus Topcon'in paikanninyksikön konfigurointisovelluksesta. Kun sijaintitiedot annetaan tukiasemalle WGS84 järjestelmässä, niin koordinaatti- ja korkeusjärjestelmämuunnokset voidaan tehdä helposti ja luotettavasti haluttuihin järjestelmiin koneohjausjärjestelmässä. Tällä tavalla tukiasema voi

palvella useita eri hankkeita riippumatta hankkeiden korkeus- ja koordinaattijärjestelmien eroista. (Mitta Oy 2015.)



Kuvio 12. Korkeuksien välinen yhteys. (Maanmittauslaitos 2015.)

Korjausviestin lähetysmuoto täytyy olla sellainen, että kaikki korjausviestiä vastaanottavat koneohjausjärjestelmät ymmärtävät sen yksiselitteisesti ja samalla tavoin. Saatujen kokemusten perusteella on suositeltavaa käyttää standardoitua RTCM-3 viestimuotoa. RTCM-3 viestimuoto tukee Glonass satelliiteista tehtävien havaintojen lähettämistä ja on standardoitu yksiselitteisesti, niin että tulkinalle viestin sisällöstä ei jää sijaa. CMR+ viestimuoto on alkujaan Trimblen kehittämä osin standardoitu lähetysprotokolla, mutta CMR+ viestiin ei ole standardoitu Glonass satelliittien havaintoja, vaan se on toteutettu jokaisen laitevalmistajan parhaaksi katsomallaan tavalla. Edellä mainituista syistä johtuen kaikkien laitevalmistajien näkemykset eivät ole täysin yhteneväiset CMR+ viestimuodosta ja tästä syystä CMR+ viestimuodossa on laitevalmistajien kesken ”murre-eroja”, jotka aiheuttavat ongelmia. (Lefebure 2015; Paitsola 2015.)

Muita merkityksellisiä asetuksia ovat tukiaseman ID ja valinta havaittavista satelliittipaikannusjärjestelmistä. Tukiaseman ID ei tässä yhteydessä edusta varsinaisesti sellaista tukiaseman yksilöivää tunnusta, jota voitaisiin käyttää hyväksi tukiaseman valinnassa korjausviestin vastaanottamiseksi, vaan se edustaa lähinnä

tukiaseman sarja- tai järjestysnumeroa. Tukiasemalle on kuitenkin hyvä antaa jokin ID, koska kentän tyhjäksi jättäminen voi joidenkin laitevalmistajien järjestelmissä aiheuttaa viestin vastaanottamisen hylkäämisen.

Havaittavien paikannusjärjestelmien valintaan ei yleensä ole tarvetta tehdä muutoksia, mutta on mahdollista, että työkoneiden koneohjausjärjestelmissä on GPS-lautasia, jotka eivät pysty havaitsemaan Glonass satelliitteja. Mikäli tällainen tilanne sattuu, niin havainnot Glonass satelliiteista on syytä poistaa korjausviestistä, koska se aiheuttaa virhetilanteen korjausviestiä vastaanottavassa koneohjausjärjestelmässä. Kuviossa 13 on Topcon:in tukiaseman konfigurointisovellus, jolla asetetaan paikanninyksikköön tarvittavat asetukset. (Mikkonen 2015; Mitta Oy 2015; Mäkitulokas 2015.)

Kuvio 13. Kuvakaappaus Topcon:in tukiaseman paikanninyksikön konfigurointisovelluksesta.

4.1.3 Kokemus epäselvästä tukiasemakorosta

Korkeusjärjestelmien epäselvyyksistä hyvänä esimerkkinä toimii kesällä 2015 saadut kokemukset muutamilta kaivinkonekuljettajilta, jotka siirtyivät aina viikonloppuisin vastaanottamaan korjausviestiä toisen tukiaseman piiristä. Kyseiset kaivinkoneet työskentelivät arkipäivisin kunnan työmaalla ja saivat korjausviestinsä kunnan ylläpitämältä tukiasemalta. Kun kaivinkoneet siirtyivät vastaanottamaan korjausviestiä toiselta tukiasemalta, koneohjausjärjestelmän ilmoittamassa korkeudessa oli merkittävän suuruinen virhe metriä ja se herätti epäilyksiä korkeusjärjestelmän oikeellisuudesta.

Virhe oli peräisin kunnan koneohjaustukiaseman vaatimasta 18,16 metrin suuruisesta korkeuskorjauksesta. Suuri korkeuskorjaus oli aiheuttanut ihmetystä myös työkoneiden kuljettajien keskuudessa aikaisemmin ja sen aiheuttajaksi oli arveltu korkeaan mastoon sijoitettua tukiaseman GNSS-lautasta, joka voisi vaikuttaa korkeuskorjaukseen tällä tavoin. Arvelut kuitenkin osoittautuivat vääriksi, sillä vertailemalla ellipsoidi- ja geoidikorkeuksia voidaan osoittaa, että kunnan tukiasemalle oli annettu ortometrinen korkeus NN-korkeusjärjestelmässä. On selvää, että ortometrinen tukiasemakorkeus lisää virheiden mahdollisuutta ja tämän vuoksi sitä ei suositella käytettäväksi.

4.2 Radioyhteys korjausviestille

Tukiaseman paikanninyksikössä annettujen konfigurointitietojen perusteella muodostettu korjausviesti on toimitettava työkoneisiin. Korjausviesti lähetetään yleensä UHF radio avulla ja radion valmistaja on suomalainen Satel Oy. Satel Oy:stä ja sen radioista käytetään yleisesti Satel nimeä, vaikka tukiaseman ja työkoneen radiot ovatkin eri malleja. Tukiasemassa normaalisti on Sateline-3AS Epic radio ja työkoneessa Sateline-EASy radio.

Vaikka Satel Oy:n valmistamat radiot ovatkin yleisimpiä, on hyvin mahdollista, että käytössä on muidenkin laitevalmistajien radioita. Eri laitevalmistajien radiot

eivät välttämättä ole yhteensopivia ainakaan käyttämällä radioiden oletusasetuksia. Eri laitevalmistajien radioita yhteensovittamisessa on omat haasteensa ja erityisesti sekä tukiasemiin että koneohjausjärjestelmiin integroidut radiot asettavat lisähaastetta ongelmien ratkaisemisessa.

4.2.1 Lähetystaajuuden valinta

Koneohjauksen tukiasemat toimivat kaikki, laitevalmistajista riippumatta, samalla taajuusalueella, eikä mistään löydy tietoa olemassa olevien tukiasemien käyttämistä taajuuksista tai sijainneista. Tukiasemien käyttämät radiotaajuudet ovat täysin kontrolloimattomia. Kaupunkialueilla saattaakin vapaan taajuuden löytäminen tuoda lisähaasteita tukiaseman pystyttämiseen. Sopivan ja vapaan lähetystaajuuden etsiminen kannattaakin aloittaa varattujen taajuuksien selvittämällä ja pitkään koneohjausta käyttäneet työkoneen kuljettajat ovat tässä asiassa hyviä tietolähteitä. Lisäksi kannattaa tiedustella kunnasta tai kaupungista, että onko niillä omia tukiasemiaan käytössä. (Mitta Oy 2015.)

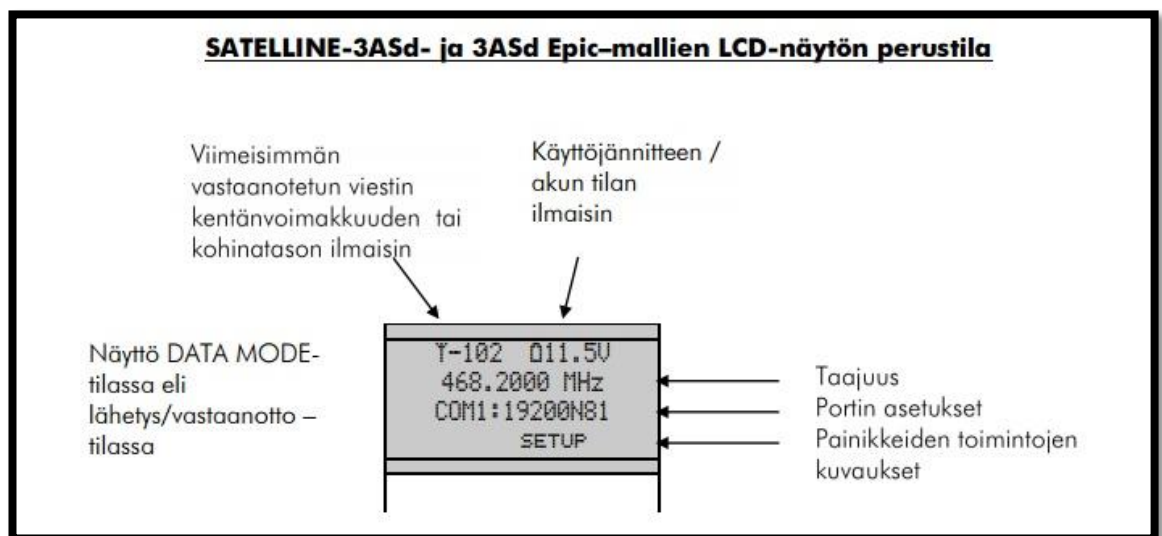
Taulukko 1. Leican valmiiksi määrittelemien radiokanavien taajuudet megahertseinä (MHz). (Mitta Oy 2015.)

Leican käyttämien radiokanavien taajuudet			
Kanavan nro.	Taajuus (MHz)	Kanavan nro.	Taajuus (MHz)
0	430,150	6	430,300
1	430,175	7	430,325
2	430,200	8	430,350
3	430,225	9	430,375
4	430,250	10	430,400
5	430,275	11	430,425

Kun varatuista taajuuksista on kaikki mahdollinen tieto, alkaa sopivan taajuuden etsiminen testaamalla. Taajuutta valittaessa kannattaa ottaa aina huomioon Leican koneohjausjärjestelmiin valmiiksi ohjelmoidut kanavat, joita on esitetty taulukossa 1 sivulla 35, koska on kohtuullisen todennäköistä, että työmaalle tulee lei-

can valmistamia koneohjausjärjestelmiä. Taulukossa 1 esitettyjen kanavanumeroitten lisäksi on mahdollista valita myös pienempiä tai suurempia kanavanumeroita ja kun todetaan kanavavälin olevan 25 kHz (kilohertsi), niin taajuus on helppo laskea taulukossa esitettyjen taajuuksien avulla. (Mitta Oy 2015.)

Testaamalla etsiminen on mahdollista joko sitä varten hankitulla Satelline-EASy radiolla tai työkoneen radion avulla. Käytännössä Leican kanavia lähdetään käymään radiolla läpi ja samalla tutkien radion perusnäyttötalassa (Kuvio 14) näkyvään kentänvoimakkuuden/kohinatason ilmaisinta, joka ilmoitetaan yksikössä dBm (desibelimetri). Jos kohinataso pysyy testattavalla taajuudella selvästi yli 110 dBm arvon, niin voidaan olettaa, että kyseinen taajuus olisi vapaa. Kohinataso on nähtävissä perusnäytön vasemmassa yläkulmassa. Testaaminen kannattaa tehdä mahdollisimman avoimella paikalla ja mahdollisuuksien mukaan koko urakka-alueella. (Satel Oy 2011, s. 40.)



Kuvio 14. Satelline-3AS Epic perusnäyttö.

4.2.2 Radion konfigurointi

Radio laitetaan toimintakuntoon suoraan radiossa olevien näytön ja näppäinten avulla. On mahdollista myös tehdä tarvittavat asetukset käyttäen apuna kannettavaa tietokonetta ja kytkemällä radio sarjaportin kautta kiinni tietokoneeseen, mutta sarjaporttiyhteyttä käytetään yleensä vain niissä tapauksissa, joissa radio

on integroitu tukiasemaan tai koneohjausjärjestelmään. Tärkeimmät asetukset lähetystaajuuden määrittämisen lisäksi ovat kanavavälin tarkistaminen, lähetystehon ja –nopeuden määrittäminen sekä virheenkorjauksen tarkistaminen. Erikoistapauksina radion konfiguroinnille ovat ne tilanteet, jolloin vapaata taajuutta ei ole ja joudutaan käyttämään viestin lähetysosoitetta. Radion konfigurointiin ja modulaatiotapaan joudutaan tekemään muutoksia, mikäli työmaalla on sekä Satel Oy:n radioita ja Trimblen integroituja Pacific Crest radioita. (Mitta Oy 2015; Paitsola 2015.)

Perusasetukset ovat melkein kiveen hakattuja eli lähetysnopeus asetetaan 19 200 bps (bits per second) ja virheen korjaukset päälle. Joissain tapauksissa korkeilunhaluisilla on tullut mieleen asettaa lähetysnopeudeksi 38 400 bps, mutta se ei ole tuettu ilmatien tiedonsiirtonopeutena, vaikka se onkin mahdollista valita. 38 400 bps lähetysnopeus on tarkoitettu sarjaportin käyttöä varten.

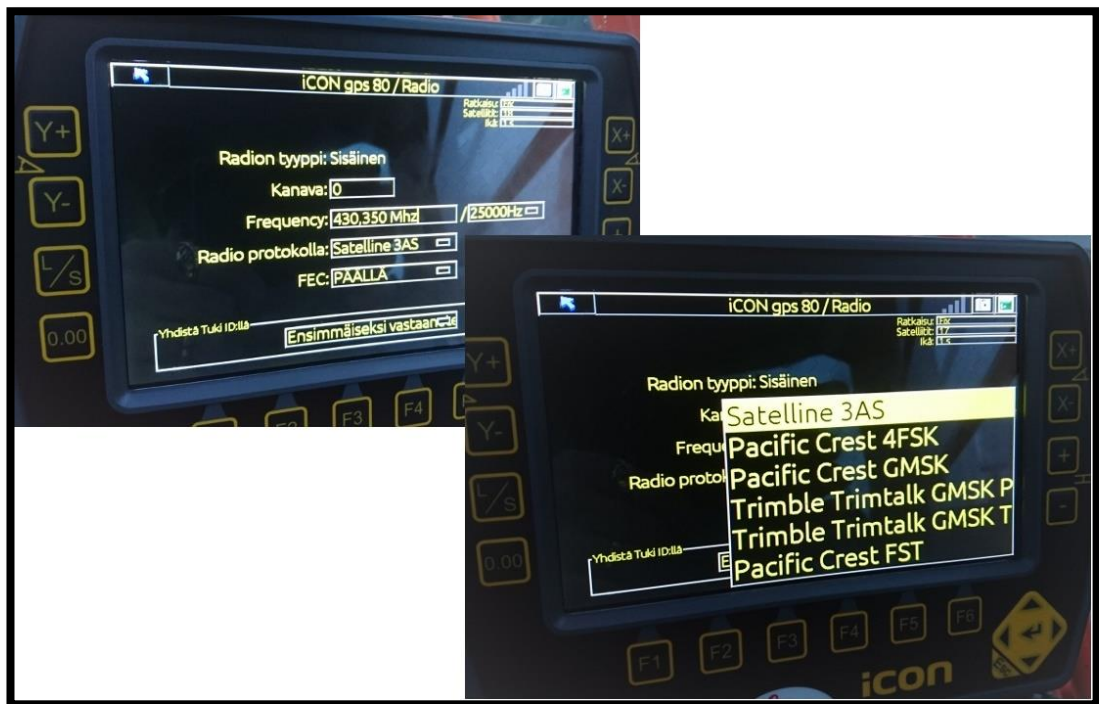
Kiveen hakattu on myös kanavaväli, joka asetetaan 25 kHz. Lähetystaajuuden asettaminen tehdään vapaaseen taajuuteen, kuten edellisessä kappaleessa todettiin, mutta lähetystehon asettamisessa täytyy käyttää harkintaa. Lähetysteho voidaan asettaa Sateline-3AS Epic radiossa arvoihin 1, 2, 5 ja 10 wattia, joista suositellaan käytettäväksi mahdollisimman pientä lähetystehoa. Suuri lähetysteho aiheuttaa lyhyillä etäisyyksillä pahimmassa tapauksessa vastaanottavan radiolaitteen vioittumisen. Suuri lähetysteho lisää myös signaalin heijastumista, jolloin voi ilmetä häiriöitä koneohjausjärjestelmissä (Satel Oy 2011, s. 66; Mitta Oy 2015.)

4.2.3 TrimTalk modulaatio

Kenties suurin haaste eri laitevalmistajien koneohjausjärjestelmien ja tukiasemien yhteensovittamisessa on se tilanne, että samalla työmaalla on sekä Trimblen vanhemman sukupolven että muiden laitevalmistajien laitteita. Trimblen vanhempi laitesukupolvi käytti Trimblen konserniin kuuluvan Pacific Crest:in valmistamia radiolaitteita, joka tukee vain valmistajan omia modulointitapoja. Moduloin-

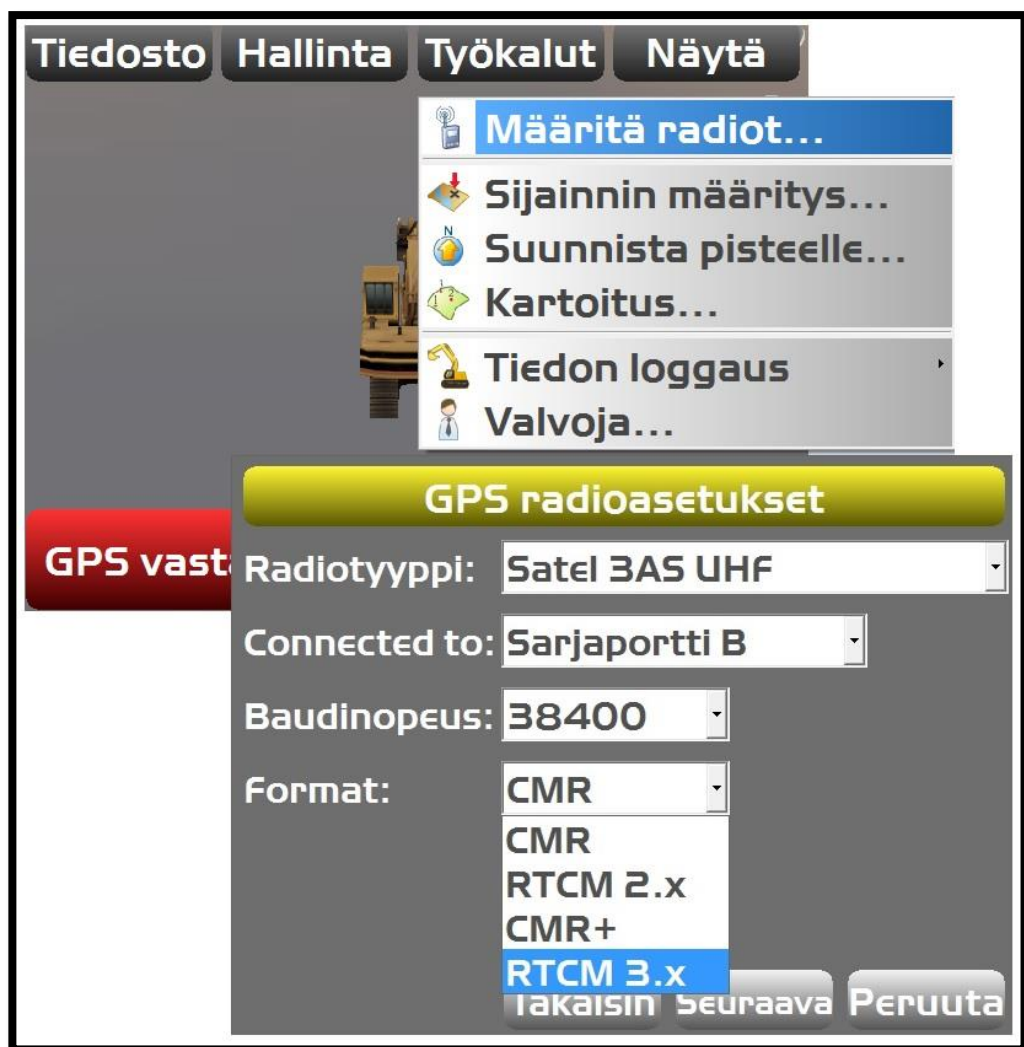
titavan lisäksi muun muassa virheentarkistuksen ja virheenkorjauksen toteutuksessa on eroja. Pacific Crest ja Sateline radiot on mahdollista saada ymmärtämään toisiaan TrimTalk modulaatiota käyttämällä, mutta se vaatii huolellisen radioiden konfiguroinnin. Tarkemmat asetukset sekä Pacific Crest että Sateline radioihin löytyvät liitteestä 1. (Satel Oy 2011, 31-34; Mäki-Tulokas 2015; Paitsola 2015.)

Tilanteessa, jossa modulointitapaan täytyy tehdä muutoksia, on myös huomiotava työkoneissa olevat radiot. Trimblen vanhemman sukupolven koneohjausjärjestelmissä työkoneen radio on omana yksikkönään, mutta esimerkiksi Leican PowerDigger 3D koneohjausjärjestelmässä radio on integroituna. Radion ollessa integroituna vain osaa radion asetuksista voidaan hallita koneohjausjärjestelmän kautta. Kuviossa 15 on nähtävillä ne asetukset, mitä voidaan Leican koneohjausjärjestelmässä hallita. On mahdollista tehdä radion konfigurointia myös kytkemällä kannettavalla tietokoneella sarjaportin kautta suoraan kiinni radioon, mutta usein radiolaitteet sijoitetaan ahtaisiin paikkoihin työkoneiden konehuoneisiin, jolloin niiden konfigurointi kenttäolosuhteissa on haastavaa.



Kuvio 15. Leican PowerDigger 3D-koneohjausjärjestelmän konfigurointiasetukset.

Työkoneiden integroitujen radioiden konfiguroinnissa on pyrittävä käyttämään mahdollisimman pitkälle oletusasetuksia, joita on syytä myös soveltaa tukiaseman asetuksissa. Vaikka integroiduissa koneohjausjärjestelmissä voidaankin vaihtaa muun muassa siirtonopeutta, ei se välttämättä tarkoita radion lähetysnopeutta, vaan voi joissakin tapauksissa tarkoittaa radion ja ohjainyksikön välisen sarjaporttiyhteyden tiedonsiirtonopeutta. Edellisen lisäksi on huomioitava, että TrimTalk modulaatitavan lähetys- ja vastaanotto-osoitteet eivät ole tuettuna Satellite radioissa, joten ne täytyy olla kytkettynä pois päältä.



Kuvio 16. Topcon koneohjaussimulaattorin radioasetusikkuna. (Satel Oy 2011, 15.)

Kuviossa 16 sivulla 40 on kuvakaappaus Topcon koneohjaussimulaattorin radioasetuksista. Kuviossa on nähtävillä valinnat ja myös niissä piilevät epäkohdat, koska baudinopeus ei voi olla radioyhteydellä suurempi kuin 19 200 bps, mutta tässä tapauksessa baudinopeus tarkoittaa sarjaportin ja koneohjausjärjestelmän välistä tiedonsiirtonopeutta. TrimTalk modulaatio vaatii radioyhteyden nopeudeksi enintään 9 600 bps ja tämä on syytä tarkistaa integroitujen radioiden tapauksessa suoraan radiolaitteesta, mikäli se on vain mahdollista. (Satel Oy 2011, 33.)

Pacific Crest radiot ovat kuitenkin varsin harvinaisia ja Trimblen uudemman sukupolven tukiasemat ja koneohjausjärjestelmät ovat siirtyneet käyttämään Satel Oy:n radiolaitteita. Päätös helpottaa merkittävästi Trimblen valmistamien laitteiden käyttämistä ja yhteensovittamista muiden laitevalmistajien laitteiden kanssa. Muutoksen myötä Trimblen tukiaseman kuuluvuusalue laajenee, koska Pacific Crest radion suurin lähetysteho ei ole ollut niin suuri kuin mitä Sateline 3AS-Epic radiossa on (10 wattia). (Satel Oy 2011, 15; Paitsola 2015.)

4.2.4 Lähetys- ja vastaanotto-osoitteet

Vapaan lähetystaajuuden löytäminen voi joissain harvoissa tapauksissa olla haastavaa. Näissä tapauksissa, mikäli vastaanotetut viestit eivät ole luotettavia, voidaan joutua määrittämään tukiaseman lähettämään viestiin osoite. On myös mahdollista, että hyvin laajoissa infrarakentamisen hankkeissa, joissa yhdelle työmaa-alueelle pystytetään useampia GNSS-tukiasemia, on syytä harkita tukiasemissa osoitteen lisäämistä lähetettäviin viesteihin sen sijaan, että annettaisiin tukiasemille eri taajuudet.

Tukiaseman ID:tä ei ole syytä sekoittaa viestin lähetysasetuksissa määritettäviin osoitteisiin, sillä niiden merkityksistä eri laitevalmistajien kesken ei ole tarkkaa tietoa. Tukiasemalle tai sen paikanninyksikköön määritettävällä ID:llä ei ole mitään tekemistä lähetettävän viestin sisältämän osoitteen kanssa, vaan se on lähinnä juokseva numerointi tukiasemien numeroinnissa. Jos hankkeessa ei ole

kuin yhden laitevalmistajan koneohjausjärjestelmiä ja tukiasemia, voitaisiin tapauskohtaisesti tukiaseman ID:tä käyttää viestien tunnistamiseen, mutta tilanne on harvoin tämän kaltainen. (Satel Oy 2011, 42; Mäki-Tulokas 2015.)

Mikäli ilmenee tarvetta osoitteen lisäämiseksi korjausviestiin, täytyy osoite määrittellä radion konfiguroinnin yhteydessä. Satellite radioissa osoitteita on kaksi kappaletta eli lähetysosoite T_x ja vastaanotto-osoite R_x . Molempien osoitteet muodostuvat kahdesta heksadesimaalisesta merkistä eli ovat yhteensä 16 bittiä pitkiä. Sekaannusten välttämiseksi on suositeltavaa, että sekä T_x että R_x määritellään samaksi, koska tukiaseman korjausviestiä ei ole tarvetta lähettää edelleen käyttäen radioita veistin edelleen lähettämiseen.

Kun lähetettävään viestiin lisätään osoite ja osoitteiden käyttäminen aktivoidaan, täytyy osoitteiden käyttäminen ottaa käyttöön myös työkoneiden radioissa, koska viestin alkuun lisätään merkkejä. Viestin sisältö muuttuu ja radion sarjaportin kautta koneohjausjärjestelmälle välittämä viesti ei ole enää sama, mikäli siitä ei poisteta osoitekentän merkkejä. Toisaalta, työkoneen radion vastaanotto-osoite R_x täytyy olla identtinen tukiasemaradion lähetysosoitteen T_x kanssa, muuten työkoneen radio ei vastaanota viestiä, vaan hylkää sen. Liitteessä 2 on ote Sateline-3AS Epic radion käyttöohjeesta, jossa havainnollistetaan kuvien avulla osoitteiden käyttämistä radioviestin lähettämässä ja tehdään selkoa mitä merkitystä osoitteilla on viestin välittymisen kannalta. (Satel Oy 2011, 48-50.)

4.2.5 GNSS-järjestelmä laajentumassa

Tällä hetkellä GNSS-satelliittipaikannusjärjestelmässä toimii sekä GPS että Glonass satelliittipaikannusjärjestelmät, mutta uusia järjestelmiä on rakenteilla. Euroopan Unionin ja Euroopan avaruusjärjestö ESA rakentaa Galileo satelliittipaikannusjärjestelmää, johon tällä hetkellä kuuluu kymmenen kiertoradoillaan olevaa satelliittia. Galileo lisäksi maailmanlaajuisia satelliittipaikannusjärjestelmiä on rakenteilla ainakin Kiinan tasavallan toimesta, kun se laajentaa Beidou- järjestelmäänsä globaaliksi Compass satelliittipaikannusjärjestelmäksi. Intialaiset ovat

myös aikeissa laajentaa omaa IRNSS järjestelmäänsä globaaliksi. Edellä mainittujen lisäksi on alueellisia satelliittipaikannusjärjestelmiä, jotka parantavat satelliittipaikannusta vain rajatuilla alueilla, joista esimerkkinä Aasiassa toimiva japanilaisten QZSS-järjestelmä. (Kulkarni 2007; Navipedia 2011; Space Daily 2011; ESA 2015b.)

Kun uudet järjestelmät otetaan osaksi GNSS-satelliittipaikannusjärjestelmää, tarvitaan myös koneohjausjärjestelmiin päivityksiä, niiden hyödyntämiseksi. Vastaanottimien täytyy luonnollisesti tukea uusia paikannusjärjestelmiä, mutta sen lisäksi, korjausviestiin täytyy sisällyttää uusista satelliiteista tehdyt havainnot. Viestien sisältöön täytyy standardoida uusille järjestelmille yksilölliset tunnukset, jotta havainnot voidaan erotella muiden järjestelmien havainnoista ja tätä kehitystyötä on tehty ainakin RTCM viestimuodon päivittämiseksi. Päivitetty RTCM standardi RTCM 10403.2 mahdollistaa usean erityyppisen signaalin lähettämisen MSM formaatin avulla. Käytännössä tämä mahdollistaa uuden RTCM viestimuodon kehittämisen. RTCMv3.2 viestimuodon implementointi on jo aloitettu ja se tulee tukemaan useimpia vielä kehitteillä olevia satelliittipaikannusjärjestelmiä sekä niiden tunnettuja signaaleja. (RTCM Paper 2013, 1-2; Ferguson 2014, 6.)

4.2.6 Kilpailua taajuuksilla

Tehtyjen havaintojen perusteella voidaan todeta, että vapaita taajuuksia on vielä helposti löydettävissä, mutta varattujakin taajuuksia on yhä enemmän käytössä. Perustettaessa toukokuussa 2015 tukiasemaan tätä tutkimusta tehdessä oli tiedossa, että samalla alueella oli kunnan ylläpitämä tukiasema. Lisäksi vapaata taajuutta etsittäessä havaittiin myös toinenkin varattu taajuus. Perustettavan tukiaseman taajuudeksi valittiin tiedossa olevista varatuista taajuuksista reilusti poikkeava taajuus perustuen vanhoihin kokemuksiin toimivasta taajuudesta ja valituksi taajuudeksi tuli kanava neljä eli 430,250 MHz (megahertsi).

Työmaan edetessä kohti pohjoista ilmeni kuitenkin muutamissa työkoneissa ongelmia korjausviestin vastaanottamisessa. Tutkittaessa ongelmaa todettiin, että työkone vastaanottaa korjausviestiä perustetulta tukiasemalta vain satunnaisesti

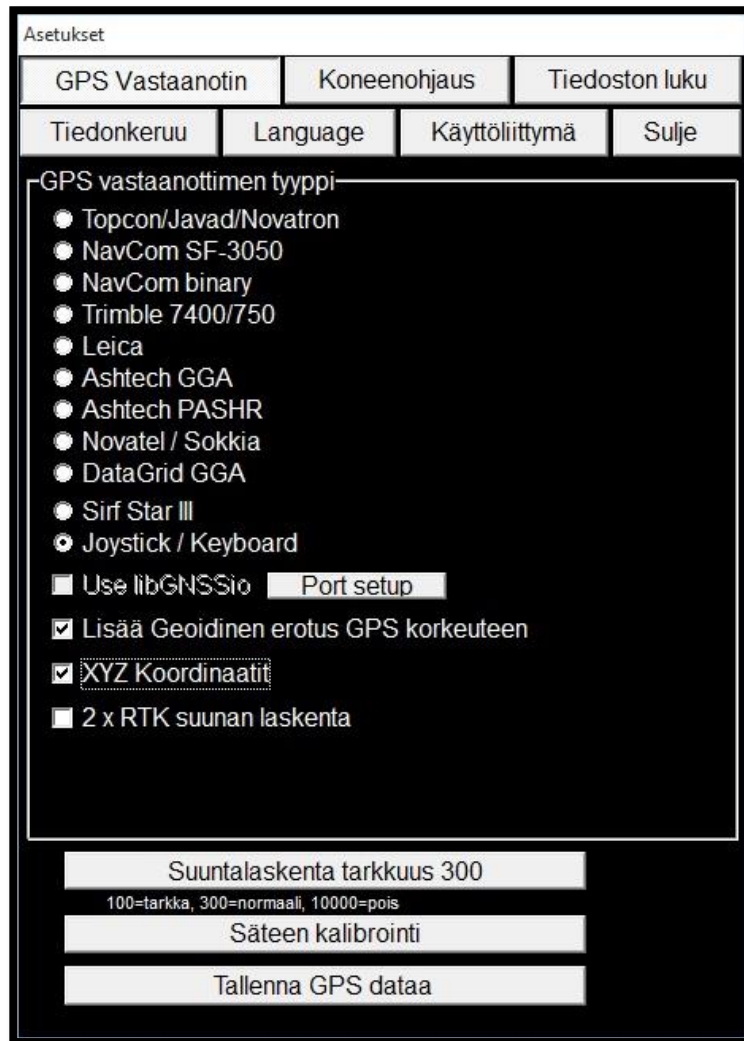
ja tietynlaisissa koneen asennoissa, vaikka etäisyys perustettuun tukiasemaan ei ollut kuin alle kaksi kilometriä. Tarkemmin asiaa tarkasteltaessa havaittiin, että Leican PowerDigger 3D-koneohjausjärjestelmä ilmoittama kantavektorin pituus vaihteli alle kahden ja yli kahdeksan kilometrin välillä eli etäisyys tukiasemaan ei ollut vakio, vaikka työkone pysyi paikoillaan.

Korjausviestin heijastuminen ei tullut kysymykseen, koska työkone oli avoimella peltoaukealla, eikä muitakaan häiriöitä aiheuttavaa tekijää, kuten voimalinjoja, ollut lähietäisyydellä. Epäilykset häiritsevästä tukiasemasta samalla taajuudella vahvistuivat ja karttaa tutkittaessa havaittiin, että noin seitsemän kuukautta aikaisemmin perustettu tukiasema toisen kunnan ja täysin eri työmaan alueella oli todellakin reilun kahdeksan kilometrin etäisyydellä ja myös tämän tukiaseman taajuudeksi aikoinaan oli määriteltä sama taajuus.

Havaittu ongelmatilanne ratkaistiin taajuutta hallitusti vaihtamalla seuraavan työpäivän aamuna, jolloin työkonekuljettajille myös informoitiin tapahtuvasta muutoksesta. Saatujen kokemusten perusteella voidaankin todeta se tosiasia, että koneohjaustukiasemien toiminta on varsin hallitsematonta vielä nykyään ja tämän kaltaisten ongelmien välttämiseksi olisi syytä pyrkiä tutkimaan vapaita taajuuksia koko työmaa-alueella, mikäli se vain on mahdollista.

4.3 Koneohjausjärjestelmän asetukset

Tämä opinnäytetyön tarkoituksena ei varsinaisesti ollut perehtyä koneohjausjärjestelmien asetuksiin, mutta ilman oikeita valintoja ei järjestelmä ole toimintakuntoinen. Kokemusten perusteella on syytä esitellä yleisimmät koneohjausjärjestelmien asetukset, jotka on hyvä tarkistaa ainakin niissä tapauksessa, missä toimintakuntoa ei ole helposti saavutettavissa.

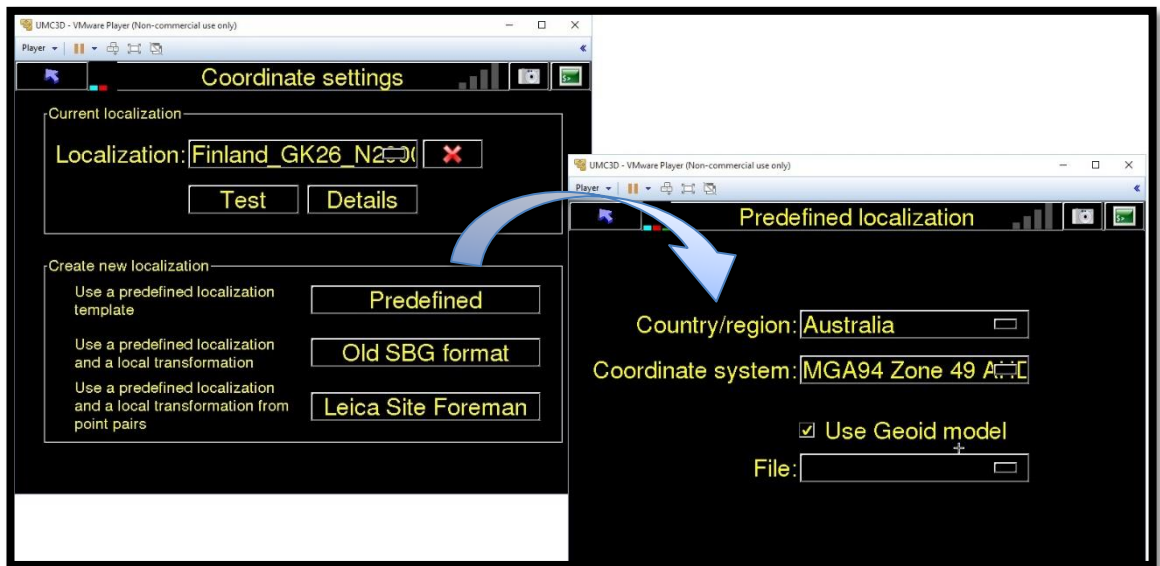


Kuvio 17. Kuvakaappaus Novatronin Xsite Pro 3D koneohjausjärjestelmän simulaattorista.

Kuviossa 17 on Novatronin Xsite Pro 3D koneohjausjärjestelmän GPS asetustenukkuna nähtävillä ja kuviossa näkyy myös valittuina kohdat "Lisää Geoidinen erotus GPS korkeuteen" sekä "XYZ Koordinaatit". On suositeltavaa, että tunnetulle pisteelle perustetulle tukiasemalle annetaan maantieteelliset WGS84 koordinaatit sekä korkeus samassa järjestelmässä ja tästä syystä suorakulmaisia koordinaatteja edustava "XYZ Koordinaatit" täytyy poistaa valinnoista. WGS84 järjestelmän korkeus määritellään vertaamalla korkeutta vertailuellipsoidin pintaan eikä Geoidin, joten valinta "Lisää Geoidinen korkeus GPS korkeuteen" täytyy myös poistaa.

Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiä valittaessa on myös oltava huolellinen, sillä eri laitevalmistajien koneohjausjärjestelmät yksinkertaisesti toimivat eri tavoin. Noin puolen vuoden aikana saadut kokemukset lukuisista lähinnä Novatronin ja Leican koneohjausjärjestelmistä ja niiden eri kehitysversioista opettivat tarkistamaan koordinaatti- ja korkeusjärjestelmän aina kun muutoksia tehtiin.

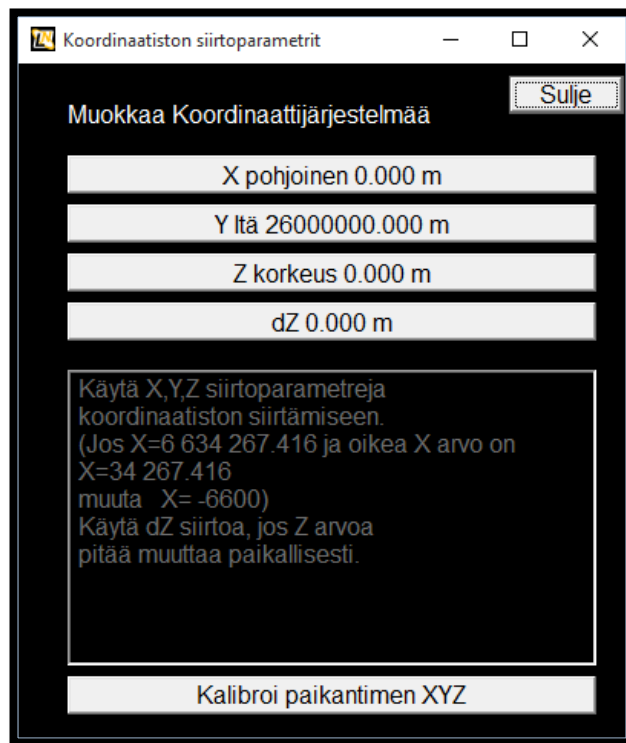
Selkeimpänä eroavaisuutena edellä mainittujen järjestelmien käyttäytymisessä on se, että Leican koneohjausjärjestelmässä on aina määriteltävä projektille käytettävät järjestelmät, jotka sitten pysyvät projektin asetuksissa muistissa. Novatronin koneohjausjärjestelmässä puolestaan on aina valittuna viimeiseksi käytössä olleet koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät. Leican koneohjausjärjestelmässä on varsin harhaanjohtavasti koordinaatistoa määriteltäessä näkyvillä edellinen valittu koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä, mutta todellisuudessa valinta pitää aina tehdä määrittämällä ne jokaiselle projektille esimääriteltujen paikannusasetusten avulla, kuten kuviossa 18 on esitetty.



Kuvio 18. Leican PowerDigger 3D koneohjausjärjestelmän koordinaatti- ja korkeusjärjestelmän määrittäminen projektille.

Sekä Leican että Novatronin koneohjausjärjestelmien vanhemmista kehitysversioista on havaittu puutteita koordinaattijärjestelmien muunnosparametreista. Eri-

tyisesti nykyään yleisesti käytössä olevien ETRS-GK kaistojen muunnosparametrit ovat olleet puutteellisesti määriteltäviä. Leican koneohjausjärjestelmään voi kohtuullisen helposti tuoda projekteille päivitettyä koordinaattijärjestelmät sisällyttään sen järjestelmään tuotavaa projektikansioon. Novatronin koneohjausjärjestelmäänkin voidaan tuoda uusia ja päivitettyjä muunnosparametreja koordinaattijärjestelmille, mutta tämä käy kaikkein helpoiten ottamalla yhteyttä etätukeen, joka lataa päivitykset ja tarvittaessa myös uudetkin koordinaattijärjestelmät nopeasti koneohjausjärjestelmään. Novatronissa voi määrittää hätätapauksessa myös tunnettuja pisteitä hyväksi käyttäen omat muunnosparametrinsa.



Kuvio 19. Novatronin koneohjausjärjestelmän koordinaatiston siirtoparametrien muokkaus-ikkuna.

Koordinaattijärjestelmien nimeämiskäytännöt eivät aina kerro riittävän paljon kyseisestä koordinaattijärjestelmästä. Tehtyjen havaintojen perusteella sekä Novatronin että Leican vanhemman kehitysversion koneohjausjärjestelmissä koordinaattijärjestelmän nimen perusteella ei pystytä varmistumaan siitä, että onko kyseessä ETRS-GK kaistoista lyhennetyt koordinaatit vai pidemmät, joissa Y-

koordinaatissa on mukana kaista numero. Käytännössä tämä ilmenee sillä tavoin, että kaikki näyttäisi olevan kunnossa, mutta työkonetta ei voi paikantaa lähelläkään työmaan pintamalleja.

Usein järjestelmissä on vain niin sanotut lyhyet ETRS-GK koordinaatistot ja tämän voi ongelmatilanteessa todeta menemällä tekemään tarkemittausta, jolloin tarkkeen koordinaateista asian voi todeta. Novatronin etätuki lataa uudet koordinaatit pyydettäessä, mutta ongelmatilanne voidaan väliaikaisesti ratkaista muuttamalla koordinaatiston siirtoparametreja, niin että lisätään Y-koordinaattiin ETRS-GK kaistan numero. Kuviossa 19 sivulla 47 on esimerkki ETRS-GK26 kaistan vaatimasta siirtoparametrien muuntamisesta, jos järjestelmässä on vain lyhyet ETRS-GK kaistojen koordinaatit.

5 YHTEENVETO

Pohtiessani opinnäytetyön aihetta halusin, että työlläni olisi jotain merkitystä ja tavoitteena oli ratkaista ainakin muutamia ongelmia, jotka ilmenevät mittausinsinöörin jokapäiväisessä työssä. Kiinnostukseni koneohjaukseen oli jo aikaisemmin herännyt ja kyselinkin työni aihetta siihen liittyen. Loppujen lopuksi aiheen valinta oli helppo, koska havaitsin, että tukiasemien hyödyntäminen aiheutti erityisesti perustamisvaiheessa ongelmia. Tilanteesta kertoi paljon erään työkaverini toteama: ”Tukiaseman pystyttäminen vaatii yleensä totaalisen hermojen menetyksen, ennen kuin se sitten onnistuu.”.

Kerätessäni kokemusta tukiasemien perustamisesta ja sen käyttämisestä koneohjauksen tukena pohdin, että mikä asiasta tekee niin vaikeaa. Reilun vuoden kokemuksella voi todeta, että syyt vaikeuksiin voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen eli osaamattomuuteen ja kokeilunhaluun, standardien puuttumiseen sekä järjestelmien hallitsemattomaan käyttöön.

Tukiaseman käyttäminen perustuu korjausviestin onnistuneeseen lähettämiseen tukiasemalta koneohjausjärjestelmälle ja tämä tapahtuu usein mittausinsinöörille hieman tuntemattomalla tekniikalla. Perehtyminen korjausviestin muodostamiseen ja eri viestimuotojen eroavaisuuksiin sekä käytettävään siirtotekniikkaan parantaa onnistumisen mahdollisuuksia merkittävästi. Omalta osaltani perehtyminen onnistui hyvin ja varmasti aikaisempi työkokemus tietotekniikan parissa helpotti asioiden ymmärtämistä. Tietotaito vähentää turhaa kokeilemisen halua ja auttaa oikeiden asetusten löytämisessä. Toistaiseksi olen säästynyt totaalisilta hermojen menetyksiltä.

Standardien puuttumien viestimuotoja kehitettäessä sekä siirtotapoja määritettäessä aiheuttaa ja tulee jatkossakin aiheuttamaan ongelmatilanteita. On erittäin positiivinen asia, että RTCM viestimuotoja kuitenkin standardisoidaan, koska se ei anna laitevalmistajille mahdollisuutta sooloiluun viestin rakenteen suhteen. On mielestäni varsin outoa, että sekä viestimuotoja että siirtotapoja on useita käytet-

tävissä, kun yhdelläkin hyvin standardoidulla ja määritellyllä menetelmällä järjestelmä toimii moitteettomasti. Vertaisin mielelläni tiedonsiirtämistä matkapuhelinverkkoihin, joissa viestimudot ja lähetystavat ovat tarkasti standardisoituja, eivätkä näin ollen aiheuta minkäänlaisia ongelmia laitevalmistajien yhteensovittamisessa. Tukiasemien hyödyntämisessä standardien puutetta voi korvata paikallisella sopimisella eli muodostaa mahdollisimman vakiintuneita työtapoja hyvin toimiviksi todetuilla menetelmillä ja pyrkiä näitä menetelmiä myös esittelemään muille käyttäjille.

Tukiasemien käyttämistä koneohjauksessa ei kontrolloida millään tavalla. Saata-villa ei ole mitään palvelua tai muuta tukiasemien käyttämistä hallinnoivaa järjestelmää, mistä olisi mahdollista tarkistaa olemassa olevien tukiasemien sijainnit ja niiden käyttämät taajuudet. Väliaikaisesti perustettavien tukiasemien lisäksi useilla kunnilla ja kaupungeilla on olemassa pysyväluonteisiksi perustettuja tukiasemia, joiden tiedot olisi käytännöllistä pystyä tarkastamaan, jolloin pystyttäisiin vähentämään varattujen taajuuksien aiheuttamia ongelmatilanteita. Taustalla on ilmeisesti se tosiasia, että olemassa olevien tukiasemien ilmaisen hyväksikäytön estäminen vaatii osaamista ja tästä syystä tiedot halutaan pitää salassa, vaikka ne ovatkin niin sanottuja julkisia salaisuuksia kokeneiden työkonekuljettajien keskuudessa.

Mielestäni koneohjauksessa käytettävien tukiasemien hallinnoimiseksi olisi hyvä perustaa menetelmä tai vähintään yhteiset pelisäännöt, jotta välttyttäisiin toisiaan häiritsevien tukiasemien perustamiselta. Tukiasemien käyttämiseen perehtymällä on mahdollista estää hyväksikäyttöä muun muassa määrittämällä korjausviestille lähetys- ja vastaanotto-osoitteet ja vaihtamalla niitä aika ajoin. Hallitsematon ja kontrolloimaton tukiasemien käyttäminen tulee nykyisen toimintamallin mukaan aiheuttamaan aika ajoin häiriötilanteita koneohjauksessa.

Lopuksi haluan todeta, että tämän opinnäytetyö tekemisen myötä henkilökohtainen osaaminen tukiasemien käyttämisessä on syventynyt merkittävästi ja koneohjauksen hyödyntäminen tehokkaasti on mahdollista. Opinnäytetyö tuloksena

on myös ryhdytty tarkemmin testaamaan Pacific Crest ja Satelline radioiden yhteensovittamista ja tuloksista aikoinaan on syntymässä ohjeistus, kunhan hyväksi havaitut asetukset ovat varmistettu toimiviksi.

LÄHTEET

Airos, E. Korhonen R. & Pulkkinen, T. 2007. Satelliittipaikannusjärjestelmät. Puolustusvoimien tekninen tutkimuslaitos-julkaisusarja. Julkaisuja 12. Helsinki: Edita Prima Oy.

ESA 2015a. Two new satellites join the Galileo constellation. Viitattu 3.5.2015 http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/Launching_Galileo/Two_new_satellites_join_the_Galileo_constellation.

ESA 2015b. Galileo taking flight: Ten satellites now in orbit. Viitattu 29.11.2015 http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/Launching_Galileo/Galileo_taking_flight_ten_satellites_now_in_orbit.

Ferguson, K. 2014. The State and Status Special Committee – 104. NOAA / NGS RTN; verkkoseminaariesitys. 20.3.2014.

JUHTA. 2015. JHS 184 Kiintopistemittaus EUREF-FIN koordinaattijärjestelmässä. Viitattu 10.10.2015 <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS184/JHS184.pdf>.

Kulkarni, S. 2007. India to develop its own version of GPS. Rediff.com verkkojulkaisu 27.9.2007. Viitattu 7.1.2016 <http://www.rediff.com/news/2007/sep/27gps.htm>

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4. uudistettu painos. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3.

Laurila, P. 2014. Satelliittipaikannus GNSS-ajassa. Luento Lapin ammattikorkeakoulussa keväällä 2014.

Lefebure. 2015. RTK Correction Data Formats. Viitattu 25.10.2015 <http://lefebure.com/articles/rtk-correction-data-formats/>.

Leica Geosystems Oy. 2005. Leica Geosystems launches new version 3D Machine Control System for Concrete Pavers & Trimmers. Viitattu 2.5.2015 http://www.leica-geosystems.com/de/Aktuelles-Archiv_57049.htm?id=610.

Leica Geosystems Oy. 2010. Leica PowerDigger 3D: Cutting-Edge Excavator Guidance. Viitattu 30.4.2015 http://www.leica-geosystems.com/en/News_360.htm?id=2350.

Leica Geosystems Oy. 2015a. Verkko RTK. Viitattu 5.5.2015 http://fi.smartnet-eu.com/verkko-rtk_221.htm.

Leica Geosystems Oy. 2015b. Yksittäinen tukiasema. Viitattu 5.5.2015 http://fi.smartnet-eu.com/yksittainen-tukiasema_220.htm.

Maanmittauslaitos. 2015. Geoidi. Viitattu 15.10.2015 <http://www.fgi.fi/fgi/fi/teemat/geoidi>.

Mikkonen, M. 2015. Mitta Oy Maanmittausteknikon haastattelu 25.5.2015.

Mäki-Tulokas, J. 2015. Topgeo Oy toimitusjohtajan puhelinhaastattelu 10.10.2015.

Mitta Oy 2015. Koneohjauspäivät. Oulu. 8-9.1.2015.

Määttä, T. 2015. Mitta Oy maanmittausinsinöörin puhelinhaastattelu 10.10.2015.

Navipedia. 2011. QZSS. Viitattu 7.1.2016 <http://www.navipedia.net/index.php/QZSS>

Nieminen, J-M. 2011. Koneohjaus maarakennustyössä. Saimaan Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö.

Novatron. 2015. Mitä koneohjaus on? Viitattu 2.5.2015 <http://www.novatron.fi/fi/koneohjaus.html>.

Paitsola, J. 2015. Sitech Oy tuotepäällikön puhelinhaastattelu 11.10.2015.

Pelkonen, J. 2012. Koneohjausjärjestelmän käyttö ja hyödyntäminen maanrakennusyrityksessä. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Maanmittaustekniikka. Opinnäytetyö.

RTK Standards. 2015. Navipedia. Viitattu 24.11.2015 http://www.navipedia.net/index.php/RTK_Standards.

RTCM Paper. 2013. The Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) Issues an Amendment of its Standard for Differential Global Navigation Satellite System. 18.7.2013 Arlington. RTCM Paper. Viitattu 29.11.2015 <http://www.rtcn.org/news/156-2013-SC104-PR.pdf>.

Satel Oy. 2011. Sateline-3AS Versio 3.3 Käyttöohje. Viitattu 1.11.2015 http://www.satel.com/userData/satel/downloads/user-guides/sateline/SATELINE_3AS_V_3_3_FI.pdf.

Space Daily. 2011. China To Establish Global Satellite Navigation System By 2020. Viitattu 7.1.2016 http://www.spacedaily.com/reports/China_To_Establish_Global_Satellite_Navigation_System_By_2020_999.html.

Topgeo Oy. 2015. Perinteisistä koneohjausjärjestelmistä integroituihin 3D-koneohjausjärjestelmiin. Viitattu 28.4.2015 http://www.topgeo.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=121&Itemid=126.

Virtuaali AMK. 2015. Global Positioning System. Viitattu 3.5.2015 <http://kronos.ncp.fi/koulutusohjelmat/metsa/PaikkatietoWWW/paikannus/gps4.html>.

Wireless Dictionary. 2009. GPS Error Sources. Viitattu 3.5.2015 <http://www.wirelessdictionary.com/Wireless-Dictionary-GPS-Errors-Definition.html>.

LIITTEET

Liite 1. Ote Sateline-3AS Epic Versio 3.3 Käyttöohjeesta, TrimTalk

Liite 2. Ote Sateline-3AS Epic Versio 3.3 Käyttöohjeesta, Osoitteet

3.10 **Pacific Crest ja TRIMTALK yhteensopivuus**

3.10.1 **Yleistä**

SATELLINE-3AS(d) ja Epic radiomodeemit mahdollistavat standardin SATEL 3AS tiedonsiirron lisäksi:

- o Pacific Crest yhteensopivuuden ilmatiellä, mikäli vastapuolen Pacific Crest -modeemi toimii läpinäkyvässä toimintatilassa (transparent mode), virheenkorjaus (FEC ON) ja salaus (Scrambling ON) päällä -asetuksilla, mitkä ovat yleisimmin käytetyt asetukset RTK-sovelluksissa. Muut toimintatilat eivät ole toistaiseksi tuettuja.
- o TRIMTALK® 450s yhteensopivuus ilmatiellä.

SATELLINE-3AS(d) ja Epic radiomodeemien tarjoamat radioyhteensopivuus asetukset:

- o Option 1, Pacific Crest 4-FSK modulaatio, Transparent mode/FEC ON/Scrambling ON.
- o Option 2, Pacific Crest GMSK modulaatio, Transparent mode/FEC ON/Scrambling ON.
- o Option 3, TRIMTALK GMSK modulaatio, Transparent mode

Läpinäkyvä toimintatila on yleisimmin käytetty ja käyttöohjeiden suosittelema, ja ainoa tähän asti toteutettu, toimintatila. ARQ perustaiset protokollat ACK/NACK menetelmällä eivät ole suositeltuja RTK-sovelluksissa, koska nämä käyttävät ainoastaan yhdensuuntaista tiedonsiirtoa.

Optiot 1, 2, 3 on toteutettu referenssimittauksiin ja yleisesti saatavilla olevaan tietoon perustuen koskien seuraavia Pacific Crest:in valmistamia radiomodeemeja: RFM96W, PDL HPB, PDL LPB. TRIMTALK on Trimble Navigation Ltd:n tavaramerkki.

3.10.2 **Konfigurointi ohjelmointivalikossa**

Radioyhteensopivuuden toimintatila voidaan muuttaa ohjelmointivalikon kohdassa *Radio settings* -> *Radio compatibility Mode*:

31

SATELLINE-3AS
Käyttöohje, Versio 3.3

Radio compatibility Mode

- 1) Satel 3AS
- 2) Option 1 (PCC 4-FSK)
- 3) Option 2 (PCC GMSK)
- 4) Option 3 (TRIMTALK GMSK)

3.10.3 **Konfigurointi SL-komentoja käyttäen**

"SL@S=" komento asettaa toimintatilan:

- o "SL@S=0" asettaa SATEL 3AS (oletusasetus)
- o "SL@S=1" asettaa Option 1 (PCC-4FSK)
- o "SL@S=2" asettaa Option 2 (PCC-GMSK)
- o "SL@S=3" asettaa Option 3 (TRIMTALK GMSK)

Modeemin vaste on "OK" valitun toimintatilan ollessa mahdollinen tai "ERROR" mikäli toimintatila ei ole mahdollinen.

"SL@S?" komento tarkistaa modeemin aktiivisen toimintatilan. Modeemin vaste:

- o "0" toimintatilan ollessa SATEL 3AS
- o "1" toimintatilan ollessa Option 1
- o "2" toimintatilan ollessa Option 2
- o "3" toimintatilan ollessa Option 3

3.10.4 **Asetukset**

Pacific Crest/TRIMTALK toimintatilojen käyttö SATELLINE modeemien kanssa edellyttää seuraavia asetuksia:

PACIFIC CREST modeemien asetuksia:

- o Protocol Mode =
 - o Transparent w/EOT Timeout (käytettäessä Pacific Crest modulaatioita)
 - o TrimTalk 450s (käytettäessä TRIMTALK GMSK modulaatiota)
- o Modulation Type riippuu järjestelmästä
 - o GMSK (oletus, käytetään aina TRIMTALK 450s toimintatilan kanssa)
 - o 4-Level-FSK
- o FEC = ON
- o Scrambling = ON
- o Data Security Code -asetus = 0 (=ei käytössä)
- o Local Address= 0...254 (0 oletuksena)

Pacific Crest modeemit vastaanottavat viestejä SATELLINE modeemeilta, joiden TX1 osoite täsmää Local Address –osoitteeseen.
- o Remote address=0...255 (255 oletuksena, tämä on lähetysosoite minkä kaikki vastaanottavat). SATELLINE modeemit, joiden RX1 osoitteet vastaavat Pacific Crest lähettimen Remote Address –osoitetta (tai jos viestin lähetysosoite on 255).

SATELLINE modeemeissa pitää olla seuraavat asetukset:

- o FEC OFF (koska FEC tässä yhteydessä tarkoittaa SATELLINE-3AS FEC asetusta, ei Pacific Crest/TRIMTALK FEC asetusta)
- o Error check OFF
- o Full CRC16 check OFF
- o Radio Compatibility Optio 1 Pacific Crest 4-FSK kanssa
- o Radio Compatibility Optio 2 Pacific Crest GMSK kanssa
- o Radio Compatibility Optio 3 TRIMTALK GMSK kanssa
- o Osoitteistus:
 - o TX osoitteen ollessa ON tilassa, TX1 osoitetta käytetään kuten PDL Remote address –osoitetta, mikä on kohdeosoite lähetetylle viestille.
Oletusarvo on 0x00FF (=255) (huomioi asetuksen hexadesimaali muoto)
 - o RX osoitteen ollessa ON tilassa, RX1 osoitetta käytetään kuten PDL Local Address –osoitetta.
Oletusarvo on 0x0000 (=0) (huomioi asetuksen hexadesimaali muoto)

Huomio: Osoitteet eivät ole käytettävissä TRIMTALK 450s toimintatilassa, joten SATELLINE modeemien RX/TX osoitteet on oltava OFF tilassa Optio 3 kanssa.

Liite 1 3(3)

Konfigurointi työkalut ja asetukset ovat erilaiset SATELLINE ja Pacific Crest modeemien välillä:

- o Pacific Crest modeemit konfiguroidaan sarjaportin kautta käyttäen PDLCONF WindowsTM -ohjelmaa, joka lähettää binääriset ohjausviestit modeemin sarjaporttiin. SATELLINE-3AS ja SATELLINE-M3 radiomodeemit konfiguroidaan sarjaportin kautta käyttäen mitä tahansa standardi terminaaliohjelmaa tai SATEL Configuration Manager PC-ohjelmaa.

Alla oleva taulukko näyttää asetusten vastaavuuden Pacific Crest ja SATELLINE radiomodeemien (SW version 3.35 mukaisesti) välillä.

<i>Pacific Crest asetus</i>	<i>Vastaava SATELLINE-3AS asetus</i>
Identification: Owner	(toteuttamatta)
Identification: Channel Bandwidth	Channel spacing
Identification: RF Power	TX power
Radio Link: Channel Selection Type (Manual)	Radio frequency
Radio Link: Current Channel	Radio frequency
Radio Link: Link Rate	Kiinteät tiedonsiirtonopeudet: Option 2 & 3: 9600bps@25kHz / 4800bps@12.5kHz Option 1: 19200bps@12.5kHz / 9600bps@12.5kHz
Radio Link: Modulation Mode	Yhteensopivuus -> Option 1 (=PCC-4FSK) Yhteensopivuus -> Option 2 (=PCC-GMSK) Yhteensopivuus -> Option 3 (=TRIMTALK GMSK)
Radio Link: Scrambling	ON oletuksena
Radio Link: Transmit Retries	(toteuttamatta)
Radio Link: TX ACK Timeout	(toteuttamatta)
Radio Link: Cdma Monitoring	Priority (RX=ON, TX=OFF) Oletus: RX
Radio Link: AutoBase/AutoRover	(toteuttamatta)

SATELLINE-3AS
Käyttöohje, Versio 3.3

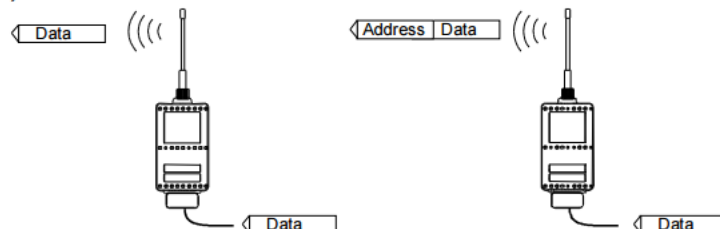
Radio Link: Digisquelch	Signal threshold
Radio Link: Forward Error Correction	ON oletuksena Option 1, 2, 3 (Huomio: SATELLINE-3AS FEC OFF!)
Radio Link: Local Address (0 oletuksena)	Primary RX address (RX1) (OFF oletuksena)
Radio Link: Remote Address (255 oletuksena)	Primary TX address (TX1) (OFF oletuksena)
Serial Interface: Protocol Mode	Radio yhteensopivuus: Options 1 ja 2 = Transparent w/EOT Timeout Option 3 = TRIMTALK 450s
Serial Interface: BREAK to Command	(toteuttamatta)
Serial Interface: Modem Enable: Yes	(toteuttamatta)
Serial Interface: Soft Break Enable	(toteuttamatta)
Serial Interface: EOT value (0.01s välein)	Pause length (tauon pituus merkkeinä)
Serial Interface: Digipeater Delay (in 0.01s units)	(toteuttamatta)
Serial Interface: Local Node Repeater	(toteuttamatta)
Frequency Table	Radio frequency
Data Security Code (must be 0=not used)	(toteuttamatta)
Mahdolliset ongelmakohdat: - Pacific Crest Local/Remote address ovat tuettuja SW versiosta 3.39 alkaen. - Toistintoiminto on tuettu ainoastaan SW versiosta 3.39 alkaen. - Error check ja Full CRC16 check pitää olla OFF tilassa SATELLINE modeemeissa. - FCS (Free Channel Scanning) toiminto ei ole tuettu Pacific Crest modeemeissa. - Message Routing toiminto ei ole tuettu Pacific Crest modeemeissa. - SATELLINE RX/TX osoitteet eivät käytä ARQ skeemaa kuten Pacific Crest radiot.	

Ote Satelline-3AS Epic Versio 3.3 Käyttöohjeesta, Osoitteet

Liite 2

SATELLINE-3AS
Käyttöohje, Versio 3.3

Lähetys :



Kuva 1. Lähetys osoite on asetettu pois päältä (OFF-tilaan). Radiomodeemi lähettää datapaketin sellaisenaan.

Kuva 2. Lähetys osoite on asetettu päälle (ON-tilaan). Radiomodeemi lisää datapaketin alkuun määritellyn osoitteen.

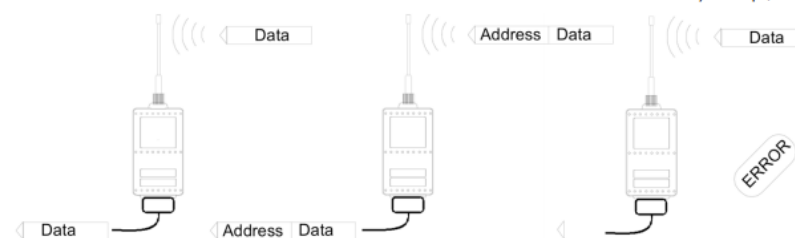
Vastaanotto:



Kuva 3. Vastaanoton osoite on asetettu päälle (ON-tilaan), ja radiomodeemin osoite täsmää vastaanotetun datapaketin alussa olevan osoitteen kanssa. Radiomodeemi poistaa datapaketin alussa olevan osoitteen ja siirtää tämän jälkeen datapaketin RS-väylälle.

Kuva 4. Vastaanoton osoite on asetettu päälle (ON-tilaan), mutta vastaanotetun datapaketin alussa oleva osoite ja radiomodeemin osoite eivät täsmää. Radiomodeemi estää datapaketin siirtymisen RS-väylälle.

SATELLINE-3AS
Käyttöohje, Versio 3.3



Kuva 5. Vastaanoton osoite on asetettu pois päältä (OFF-tilaan). Radiomodeemi siirtää kaikki vastaanotetun datan radiomodeemin RS-väylän datalinjalle.

Kuva 6. Vastaanoton osoite on asetettu pois päältä (OFF-tilaan). Radiomodeemi tulkitsee kaikkien vastaanotettujen merkkien kuuluvan dataan ja siirtää kaikki merkit RS-väylälle.

Kuva 7. Vastaanoton osoite on asetettu päälle (ON-tilaan), mutta datapaketti ei sisällä osoite-merkkejä. Radiomodeemi siirtää datan RS-väylälle VAIN jos datan kaksi ensimmäistä tavua vastaavat radiomodeemin osoitetta.